

Coleção HABITARE / FINEP

HABITAÇÕES DE BAIXO CUSTO MAIS SUSTENTÁVEIS:

a Casa Alvorada e o Centro Experimental de Tecnologias
Habitaçãois Sustentáveis

Miguel Aloysio Sattler

Porto Alegre
2007



© 2007, Coleção HABITARE

Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ANTAC
Av. Osvaldo Aranha, 99 - 3º andar - Centro
CEP 90035-190 - Porto Alegre - RS
Telefone (51) 3308-4084 - Fax (51) 3308-4054
<http://www.antac.org.br/>

Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP

Presidente

Luis Manuel Rebelo Fernandes

Diretoria de Inovação

Eduardo Moreira da Costa

Diretoria de Administração e Finanças

Fernando de Nielander Ribeiro

Diretoria de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Eugenius Kaszkurewicz

Área de Tecnologias para o Desenvolvimento Social - ATDS

Marco Augusto Salles Teles

Grupo Coordenador Programa HABITARE

Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP

Caixa Econômica Federal - CAIXA

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq

Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT

Ministério das Cidades

Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ANTAC

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE
Comitê Brasileiro da Construção Civil da Associação Brasileira de Normas Técnicas - COBRACON/ABNT

Câmara Brasileira da Indústria da Construção - CBIC

Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional - ANPUR

Apoio Financeiro

Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP

Caixa Econômica Federal - CAIXA

Apoio institucional

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

Editores da Coleção HABITARE

Roberto Lamberts - UFSC

Carlos Sartor - FINEP

Equipe Programa HABITARE

Ana Maria de Souza

Angela Mazzini Silva

Autor da Coleção

Miguel Aloysio Sattler

Texto da capa

Arley Reis

Revisão

Giovanni Secco

Projeto gráfico

Regina Álvares

Editoração eletrônica

Amanda Vivian

Imagem da capa

Houses at Auvers (1890)

Vincent van Gogh

Acervo do Museum of Fine Arts, Boston

Imagem disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br>

Fotolitos, impressão e distribuição

COAN - Indústria Gráfica

www.coan.com.br

Catologação na Publicação (CIP).

Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC).

S253h Sattler, Miguel Aloysio
Habitações de baixo custo mais sustentáveis: a casa Alvorada e o Centro Experimental de tecnologias habitacionais sustentáveis/ Miguel Aloysio Sattler.
— Porto Alegre : ANTAC, 2007. — (Coleção Habitare, 8)

488 p.
ISBN 978-85-89478-22-9

1. Habitação de interesse social 2. Sustentabilidade.
I. Sattler, Miguel Aloysio II. Série

CDU: 728.222

ESTE LIVRO É DE DISTRIBUIÇÃO GRATUITA.

Sumário

Apresentação	6
Introdução	10
Capítulo 1 - O CONTEXTO	
O NORIE e sua linha de pesquisas em edificações e comunidades sustentáveis	13
1.1 Introdução	13
1.2 Atividades de Ensino	14
1.3 Pesquisa	16
1.4 Extensão	18
Capítulo 2 - O NORTE	
Princípios norteadores das atividades desenvolvidas pela LECS	21
2.1 O Conceito de sustentabilidade	21
2.2 Sobre o caráter holístico, sistêmico e de interdisciplinaridade orientando as atividades da LECS	24
2.3 O usuário: o fim último de nossos projetos	26
2.4 O fator local: o respeito ao espírito do lugar	28
2.5 Projetando com os quatro elementos: terra, água, ar e fogo	31
2.6 Projetando arquitetura como a expressão de todas as artes	34
2.7 A ótica, a ética e a estética da sustentabilidade	35
2.8 Permacultura	36
2.9 Estratégias específicas	38
2.10 Síntese das recomendações para projetos mais sustentáveis	51
Capítulo 3 - A INSPIRAÇÃO POR PROJETOS MAIS SUSTENTÁVEIS	
3.1 Antecedentes internacionais	55
3.2 Antecedentes no Brasil	56
3.3 Considerações finais	59

Capítulo 4 - AS PRIMEIRAS ATIVIDADES	
O Concurso Internacional de Idéias	61
4.1 Introdução	61
4.2 Trabalhos premiados	62
Capítulo 5 - O PROJETO ALVORADA	73
5.1 Antecedentes e princípios	73
5.2 O tratamento do lote e seu projeto paisagístico	77
5.3 O projeto da unidade habitacional	89
5.4 A busca por padrões otimizados de conforto ambiental e eficiência energética	97
5.5 Equipamentos de suporte à otimização do desempenho das edificações e da gestão de recursos e resíduos	102
Apêndices	126
Capítulo 6 - PESQUISAS PARALELAS	
O projeto Cerâmica Vermelha	135
6.1 Introdução	135
6.2 Caracterização do setor e impactos gerados	137
6.3 Conclusões	146
Capítulo 7 – A PRIMEIRA EXPERIÊNCIA CONSTRUTIVA	
O Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis	149
7.1O projeto do CETHS	149
7.2 A Casa Verena	188
7.3 A construção do CETHS	201
7.4 Investigações das necessidades dos usuários na fase de projeto e avaliação pós-ocupação do CETHS	208
Capítulo 8 - A AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS DO PROTÓTIPO CASA ALVORADA	239
8.1 O protótipo da Casa Alvorada: o projeto	239
8.2 O protótipo da Casa Alvorada: avaliação do projeto	261

8.3 O protótipo da Casa Alvorada: a construção _____	285
8.4 O protótipo da Casa Alvorada: medições e avaliações in loco do protótipo _____	308
8.5 Esquadrias em madeira _____	393
8.6 Captação de água de chuva _____	445
Conclusão _____	469
Referências bibliográficas _____	473

Apresentação

Quando fomos convidados pela Editoria do Programa HABITARE a relatar nossas experiências a respeito de construções e projetos mais sustentáveis desenvolvidos no Núcleo Orientado para a Inovação na Edificação (NORIE) a partir do final da década dos anos 1990, propusemo-nos a traduzi-los em dois livros, publicados consecutivamente, que ilustrassem nossos passos iniciais na área, ensaiados graças aos apoios financeiros da FINEP e da CAIXA: **o primeiro livro**, associado ao projeto do Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis (CETHS); e **o segundo**, sobre o projeto e a construção do Protótipo Casa Alvorada.

À medida que tentávamos aprofundar a descrição de um ou de outro projeto, mais e mais nos dávamos conta de que um não poderia ser separado do outro. Ambos tiveram origem em 1997, demandados por instituições diferentes (FINEP/CAIXA e Prefeitura do Município de Alvorada), mas tiveram suas linhas de desenvolvimento cruzadas, por diversas vezes, tornando muito difícil referir um sem referir o outro.

Ademais, julgamos essencial colocar a proposta para o CETHS dentro do contexto histórico que o inspirou. Assim, seria indispensável, para o bom entendimento dos fins almejados pelos projetos, descrever sucintamente um trabalho científico apresentado por dois dos pioneiros internacionais da arquitetura sustentável, Declan e Margrit Kennedy. Esse trabalho havia sido apresentado em um evento de âmbito latino-americano sobre habitações de interesse social, realizado no IPT, em São Paulo, em 1981. O projeto deveria ter sido implementado no Brasil, na cidade de Caçapava, SP, mas, tanto quanto se sabe, ele não resultou materializado. Tão importante quanto o referencial anterior foram o evento e os resultados de um Concurso Internacional de Idéias de Habitações Auto-Sustentáveis para Populações Carentes, que organizaríamos na cidade de Canela, RS, 14 anos mais tarde. Por essa razão os resultados desse Concurso são também apresentados.

Por outro lado, enquanto, para o desenvolvimento dos projetos, bastava-nos dispor dos recursos viabilizados pelos órgãos financiados e do esforço dos alunos de pós-graduação do NORIE, interessados no tema de sustentabilidade, para a sua **materialização** foi essencial contar com os recursos da FAPERGS e da contrapartida de recursos do Sindicato das Olarias e Indústrias Cerâmicas do Rio Grande do Sul (SIOCERGS/RS), que foram direcionados ao projeto *Gestão Ambiental das Indústrias*

Oleiras e de Cerâmica Vermelha do Rio Grande do Sul, iniciado em 2000. Foi a contrapartida do SIOCERGS, assim, que tornou possível a construção das oito casas do CETHS, em Nova Hartz, e do Protótipo Casa Alvorada, no *campus* da UFRGS. Além de possibilitar a construção, o projeto nos permitiu aprofundar o conhecimento sobre os impactos dos materiais cerâmicos que estavam sendo utilizados nas construções executadas.

O projeto do CETHS somente foi implementado parcialmente pela municipalidade à qual se destinava, resultando na construção de oito casas, segundo duas tipologias, e sem qualquer implementação da infra-estrutura que havia sido prevista. Quanto ao protótipo Casa Alvorada, construído no *campus* da UFRGS, ainda em 2007 não estava totalmente concluído. Mesmo assim, vários trabalhos de pesquisa e avaliações foram realizados tendo ambos como objeto. As casas do CETHS assim como seus usuários foram submetidos a duas avaliações pós-ocupação, e diversas medições foram realizadas no local, dentro dos estudos de uma dissertação de mestrado, com o intuito de avaliar o potencial da área para a implantação de um sistema de aproveitamento de energia eólica (que veio a se mostrar inviável, ante as baixas velocidades dos ventos locais). Foram realizadas entrevistas com os moradores das habitações construídas após 6 meses e 30 meses de ocupação. O protótipo Casa Alvorada, por sua vez, foi objeto de seis dissertações de mestrado desenvolvidas por alunos do NORIE, uma das quais gerou dados para uma tese de doutorado, além de vários trabalhos desenvolvidos por alunos de mestrado. Algumas dessas avaliações e dissertações são apresentadas de forma sintética neste livro.

Mesmo que apenas parcialmente implantados, ambos os projetos, do CETHS e do Protótipo Casa Alvorada, foram e continuam a ser amplamente divulgados pela mídia, com sucessivas matérias em jornais, entrevistas em rádios, assim como gravações realizadas por diversas redes de televisão. A cada ano, novos contingentes de visitantes têm sido recebidos, tanto de alunos da UFRGS, de diferentes áreas, como de outras universidades e de grupos de profissionais, do Brasil e do exterior - em 2006, recebemos uma comitiva de 18 profissionais do Peru, que lá estavam se capacitando na área de construções sustentáveis.

Como são raras as referências sobre projetos habitacionais mais sustentáveis em língua portuguesa, sendo ainda mais limitadas aquelas associadas ao tema de habitações de interesse social, este livro buscou, além de fornecer detalhes relativos aos projetos e construções associados ao CETHS e às diversas versões da edificação habitacional mais sustentável, enriquecer a literatura com a descrição dos resultados obtidos, decorrentes dessas atividades. Dessa maneira, são agregados os resultados

descritos em um conjunto de dissertações de mestrado, trabalhos científicos publicados em anais de congressos e em revistas, assim como em trabalhos finais de disciplinas ministradas no NORIE.

Finalmente, gostaríamos de assinalar que este livro só se tornou possível graças aos esforços desenvolvidos por um grande número de alunos de pós-graduação, assim como de diversos bolsistas, seja em suas dissertações de mestrado ou teses de doutorado, seja em trabalhos associados às diversas disciplinas ministradas no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS, desde 1997. Particularmente, gostaríamos de destacar os trabalhos de meus orientandos de mestrado, de cujas dissertações extraí farto e rico material para a elaboração do Capítulo 6, versando sobre os impactos ambientais da indústria cerâmica no Rio Grande do Sul (Constance Manfredini), e do Capítulo 8, no referente a detalhes construtivos e avaliação do protótipo Casa Alvorada (Luiz Ercole, com sua proposta para o tratamento local de águas residuárias domiciliares; Alessandro Morello, no monitoramento do desempenho térmico; Alexandre Guella Fernandes, que realizou uma aprofundada análise das esquadrias de eucalipto empregadas; e Eugenia Aumond Kuhn, que analisou detalhadamente os seus impactos ambientais e custos de construção). Cabe destacar também os diversos trabalhos realizados por minha orientanda de mestrado e doutorado, Giane de Campos Grigoletti, assim como os de Rafael Mano, com sua avaliação sobre o potencial de aproveitamento das águas de chuva do protótipo, além de sua entusiasmada contribuição para a implementação do protótipo Casa Alvorada e das edificações do Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis, em Nova Hartz. Tais trabalhos se somam a muitos outros, tratando de projetos, construções e avaliações, vários sendo referidos neste livro. No entanto, referidos ou não, todos contribuíram para a sua produção, e a esses alunos ou bolsistas, todos, agradecemos profundamente. Por serem muitos e para evitar a injustiça de esquecer alguns deles, nós não os nominamos individualmente.

Além disso, a realização dos trabalhos só se tornou possível com o apoio e a contribuição de diversas instituições, a quem gostaríamos de agradecer particularmente:

·à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e à Caixa Econômica Federal (CAIXA), pelos recursos concedidos para o desenvolvimento de diversas atividades, especialmente dos Projetos de Pesquisa, no âmbito do Programa HABITARE, e por apoiarem uma linha de pesquisas em **sustentabilidade das construções**, bem antes de a mídia brasileira colocar o tema da sustentabilidade em sua pauta diária;

- à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pelo apoio ao projeto de caracterização dos impactos ambientais da indústria de cerâmica no RS, e ao CNPq, pelas bolsas concedidas a estudantes, para o desenvolvimento deste mesmo projeto;
- ao CNPq, CAPES, FAPERGS, FINEP e CAIXA, pelo apoio à realização de diversos eventos promovidos pela ANTAC e organizados pelo seu Grupo de Trabalho em Desenvolvimento Sustentável, o que possibilitou a divulgação de muitos dos trabalhos realizados pela Linha de Pesquisas em Edificações e Comunidades Sustentáveis, do NORIE, assim como a sinergia com outros grupos e profissionais, e com isso o estímulo mútuo e crescimento conjunto;
- ao CNPq, CAPES e FAPERGS, pelos diversos auxílios que permitiram a participação do autor em eventos no exterior, assim o nutrindo para melhor inspirar àqueles que não contaram com tal privilégio;
- ao CNPq, pelo auxílio que possibilitou a aquisição de equipamentos para o monitoramento do desempenho térmico, acústico e lumínico do protótipo Casa Alvorada;
- ao Sindicato das Olarias e Indústrias Cerâmicas do Rio Grande do Sul (SIOCERGS/RS), pelo apoio ao projeto desenvolvido em parceria com a FAPERGS, e pela contrapartida ao projeto, em materiais cerâmicos (tijolos e telhas), que possibilitou a construção das diversas edificações habitacionais **mais sustentáveis**;
- às Prefeituras dos municípios de Alvorada e Nova Hartz, pelo apoio aos projetos desenvolvidos em seus municípios;
- ao Departamento de Engenharia Mecânica (DEMEC) da UFRGS, pela cessão do espaço físico onde foi construído o protótipo Casa Alvorada, no campus da UFRGS, e, particularmente, ao Prof. Arno Krenzinger, chefe do Laboratório de Energia Solar, por sua paciência diante dos transtornos causados pelas atividades de construção, vizinha ao seu laboratório, e pelo apoio sempre manifestado; e
- ao Sr. Nelson Ely, que no início do projeto apoiado pela FAPERGS e pelo SIOCERGS presidia esta última entidade e que muito apoiou o desenvolvimento do projeto em seus estágios iniciais, fazendo, inclusive, contribuições pessoais e doando os materiais cerâmicos utilizados para a execução dos pisos e revestimentos do banheiro do protótipo Casa Alvorada.

Uma das razões determinantes para as crises (não só ambiental, mas ética, de falta de princípios) por que hoje passa a humanidade é a fragmentação de todos os elementos essenciais à vida, física e espiritual, e, ao mesmo tempo, da pouca dedicação em reintegrá-los. No afã de buscar conhecer os detalhes, as mínimas coisas, ou, *in extremis*, o tudo sobre o nada, nós os fragmentamos mais e mais, até além do nível subatômico. O universo é fragmentado em bilhões de nebulosas. Cada uma, por sua vez, é fragmentada em bilhões de estrelas, e sobre elas buscamos saber a sua exata composição. O planeta é dividido em países ricos e pobres, desenvolvidos e em desenvolvimento, exploradores e explorados, todos competindo entre si. O mesmo acontece com as diversas instâncias de unidades políticas territoriais, até chegar à família e ao próprio homem. Este é dissecado por inúmeros especialistas, cada um, normalmente, buscando ver pouco além daquelas questões não diretamente associadas à sua própria especialidade. Nas universidades, o conhecimento é também fragmentado entre os inúmeros departamentos, cada um tratando, quase que exclusivamente, de suas próprias especificidades, com poucas trocas entre si e quase nenhuma cooperação interdepartamental, e até mesmo intradepartamental. Os alunos são educados, têm o seu conhecimento conformado dentro desse mesmo modelo, somando disciplinas em seus currículos, em um ambiente onde raramente se observam uma integração de esforços, um caráter interdisciplinar ou uma ambição transdisciplinar. Uma vez profissionais, irão reproduzir esse modelo em suas empresas, nos órgãos públicos ou privados onde irão trabalhar. Aos arquitetos, engenheiros, gestores públicos, enfim, a todos e a cada um dos atores da vida pergunta-se: que planeta, que país, que cidade, que bairro, que edificação, que indivíduos irão gerar como resultado dessa formação e, conseqüentemente, dessa visão de mundo? Certamente, as respostas não estão nem no infinitamente grande, nem no infinitamente pequeno, isoladamente. Mas, talvez, estejam em ambos, simultaneamente, assim como nos processos que os unem e na visão sistêmica de suas partes e funções. Talvez, após um longo período de análise, seja o momento de o homem, novamente, aprofundar a busca da síntese.

Por outro lado, vivemos em um planeta essencialmente competitivo, onde a cooperação é a exceção. Alguns poderão alegar que isso não é um privilégio da humanidade, da espécie humana, já que todas as espécies vivas se encontram em permanente competição: as plantas competindo por

água, energia, nutrientes; os animais procedendo de forma análoga. No entanto, toda essa competição está inserida e é orientada por uma grande harmonia planetária ou cósmica, não autodestrutiva. Não será também o momento de buscarmos uma cooperação construtiva, em torno de princípios éticos, e assim definirmos uma nova estética para a nossa pequena, privilegiada, incrivelmente bela e única (até onde possamos hoje adivinhar) astronave Terra?

Humildemente, temos a pretensão da busca de uma alternativa, unindo-nos a muitos outros profissionais e pensadores, infelizmente ainda uma minoria, buscando conduzir, segundo essa linha, as nossas ações no campo da arquitetura e da construção. Dividindo, sim, mas para unir novamente. Na própria divisão, sendo cautelosos, para não perder de vista o todo. Desse modo, buscamos orientar as nossas construções e projetos, alinhando-os de acordo com os quatro elementos, que tanta sabedoria ancestral e até transcendental encerram. Mas, ao mesmo tempo, buscamos, por exemplo, a unidade na arquitetura, encerrando dentro de si, como veículo para a sua expressão, todas as artes. Ao buscarmos contemplar o homem como fim último de nossas ações, buscamos também identificá-lo no todo de suas necessidades: do coração e da mente, do corpo e dos sentidos, ousando, também, interpretar e buscar uma resposta às suas necessidades espirituais.

Reconhecemos que o momento é de ansiedade. Tanto quanto se saiba, convivemos, ao mesmo tempo, com o apogeu do conhecimento, mas irresponsável e perigosamente nos aproximando do ocaso da atual humanidade. O planeta se aproxima do limite de sua capacidade de suporte, com a população humana crescendo, e a das demais espécies diminuindo, quase que na mesma razão. Os sistemas de suporte de vida - ar, água, solo e energia - estão gravemente ameaçados, colocando em risco a oportunidade a nossos descendentes de desfrutar das maravilhas da vida e do planeta. Contaminamos o ar, a água, a terra (e com isso os alimentos) que nos são essenciais, e destruímos a barreira protetora da atmosfera, que nos protegia do fogo do sol. Felizmente, convivemos com um momento único da história humana no que concerne à potencial acessibilidade à informação (embora muito continue a nos ser sonogado, por interesses vários). Esperamos poder ser suficientemente sábios, no tempo que nos parece restar, para fazer com que tal conhecimento sensibilize os nossos corações, para que tenhamos alguma chance de oportunizar aos nossos descendentes um veículo (um corpo sadio) para continuar a desvendar as maravilhas do universo e da vida.

1.

1.1 Introdução

1.2 Atividades de Ensino

1.3 Pesquisa

1.4 Extensão

1.

O CONTEXTO

O NORIE e sua linha de pesquisas em edificações e comunidades sustentáveis

1.1 Introdução

Há algumas décadas cientistas dos mais diversos quadrantes e formações vêm apontando os terríveis impactos que o homem tem imposto aos sistemas de suporte de vida do planeta. Podemos afirmar que, hoje, elementos essenciais à vida como o ar (seja dos ambientes internos ou externos), a água (dos rios, lagos, oceanos e, principalmente, aquela que nos é suprida pelos serviços públicos), o solo (e, em consequência, os alimentos) e a energia (tanto os recursos fósseis como a radiação solar – já não filtrada plenamente pela camada de ozônio) estão seriamente comprometidos.

Entre os grandes responsáveis por tais impactos se inclui o setor de atividades humanas conhecido como indústria da construção civil. Dados recentes (CIB; UNEP-IETC, 2002) apontam que o ambiente construído, através das atividades exercidas pela indústria da construção, absorve em torno de 50% de todos os recursos extraídos da crosta terrestre e consome entre 40% e 50% da energia consumida em cada país. Uma simples tinta imobiliária pode conter mais de 60 compostos químicos, os assim denominados compostos orgânicos voláteis (VOCs), muitos deles tóxicos ou causadores de irritações, tanto no seu aplicador e naquele que os produz, quanto nos usuários das edificações (UEMOTO; AGOPYAN, 2002). No que concerne aos impactos sobre a qualidade da água, Rebouças (1999) assinala que “a intensificação das atividades industriais e o uso generalizado de agroquímicos, aliados ao aprimoramento das técnicas analíticas, fizeram com que o número regular de micropoluentes,

identificados e quantificados na água, evoluísse significativamente durante as duas últimas décadas. Neste quadro cresce de forma assustadora a importância dos parâmetros denominados de micropoluentes orgânicos sintéticos e metais tóxicos”. Acresce, ainda, o mesmo autor que “elementos extremamente tóxicos como o mercúrio, o cádmio e o chumbo só podem ser removidos por sistemas de tratamento especialmente projetados e operados com essa finalidade. Da mesma maneira, os micropoluentes orgânicos sintéticos, tais como os organofosforados e organoclorados, compostos benzênicos, fenólicos, ésteres do ácido ftálico, aromáticos polinucleares, não são removidos pelos sistemas tradicionais de tratamento de água proveniente de mananciais que recebem efluentes industriais”.

Conclui-se, portanto, que, além de consumir quantidades fantásticas de recursos escassos, de gerar produtos cujos impactos desconhecem, ou preferem ignorar, o homem e a indústria por ele criada para lhe propiciar condições de conforto e de saúde, assim como as tecnologias desenvolvidas e concebidas para resguardar a qualidade de vida, estão longe de fazê-lo.

Os impactos associados às atividades de construção estão, pois, já bem identificados pela comunidade científica internacional, que os associa a danos significativos ao meio ambiente, que comprometem seriamente os sistemas de suporte de vida: energia e qualidade do solo, do ar e da água. Apesar de esse conhecimento já existir, ainda são raras as escolas de engenharia e arquitetura no país a tratar adequadamente do tema no que concerne à formação dos futuros profissionais dessas áreas.

Com o intuito de melhor formar os estudantes,

bem como os profissionais já atuantes no mercado, principalmente das áreas de engenharia e arquitetura, para os desafios crescentes que deverão enfrentar em um futuro não muito distante, o Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE) criou, há cerca de dez anos, a sua Linha de Pesquisas em Edificações e Comunidades Sustentáveis. Por meio dessa iniciativa esperava-se contar com o benefício da colaboração e intercâmbio de conhecimento e experiências entre aqueles já envolvidos com o tema, através de várias iniciativas em desenvolvimento no exterior e no país, nos âmbitos nacional, regional e local.

O NORIE desenvolve atividades relacionadas à construção, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (que compreende Estruturas, Geotecnia, Construção e Meio Ambiente) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O NORIE, particularmente, tem suas atividades atuais orientadas em torno das áreas de Gerenciamento, Materiais e Desempenho de Edificações e Sustentabilidade.

Abaixo são descritas algumas atividades associadas a ensino, pesquisa e extensão desenvolvidas na área de Desempenho de Edificações e Sustentabilidade, particularmente aquelas que ocorrem dentro da Linha de Pesquisas em Edificações e Comunidades Sustentáveis.

1.2 Atividades de Ensino

1.2.1 Graduação

Na UFRGS, atividades de ensino relacionadas à (in)sustentabilidade das atividades de construção foram iniciadas em 1996, através da inclusão do tema

como um tópico especial, em uma disciplina opcional (Habitabilidade I) do currículo do Curso de Engenharia Civil, que trata de estudos ambientais ligados às edificações. O programa dessa disciplina, ainda sendo ministrada, inclui em torno de 24 horas/aula (em um total de 60 horas/aula) sobre o tema, contemplando desde tópicos sobre eficiência energética em edificações e conteúdo energético de materiais de construção, até conceitos e visitas técnicas associados ao tema edificações e comunidades sustentáveis. Os alunos têm a oportunidade de visitar uma proposta de edificação habitacional mais sustentável, de 48 m², desenvolvida pelo NORIE, o Protótipo Casa Alvorada, e, assim, verificar uma série de estratégias que buscam minimizar impactos ambientais, aplicadas em seu projeto e construção, assim como o Rincão Gaia, sede rural, com 30 hectares, da Fundação Gaia, concebido e construído pelo conhecido ambientalista José Lutzenberger (falecido em 2002), obra que se distingue por uma série de aspectos relacionados a tipologias construtivas, fontes energéticas alternativas, gestão de resíduos e da água, e manejo do solo para a produção de alimentos.

Adicionalmente, uma disciplina opcional foi criada no ano 2000, Edificações e Comunidades Sustentáveis, para aprofundar estudos sobre o tema. Esta nova disciplina tem buscado integrar alunos de três cursos, os quais guardam estreita ligação com a área de construção: engenharia, arquitetura e agronomia. Requer-se que os alunos, para se inscreverem na disciplina, já tenham cumprido um número mínimo de créditos (aproximadamente 50% do total de créditos de seus cursos). A disciplina tem buscado familiarizar os alunos com os princípios de sustentabilidade, aplicados a edificações e comunidades sustentáveis, pela

apresentação de um conjunto de exemplos de projetos já materializados, dentro de uma distribuição planetária, que sejam apresentados como avanços significativos em direção à sustentabilidade. Tais exemplos buscam retratar diferentes escalas de tratamento (desde uma pequena habitação unifamiliar, de baixo custo, em Porto Alegre, até um grande complexo edificado, de utilização bancária, em Amsterdã; do conjunto habitacional de baixa renda, no RS, a um condomínio para classe média na Califórnia; assim como a realidade dos resquícios de comunidades indígenas regionais e propostas e avanços em busca de cidades mais sustentáveis na Europa e nos Estados Unidos). No sentido de sensibilizar e ampliar a percepção para os problemas e potenciais de solução na área, procura-se colocar os alunos em contato com os temas de sustentabilidade e gestão ambiental urbana, através da realização de visitas técnicas e do convite a palestrantes reconhecidos por sua atuação local e histórica, para trazer a sua visão sobre sustentabilidade.

1.2.2 Pós-Graduação

Em nível de pós-graduação, o NORIE oferece as opções de Especialização, Mestrado e Doutorado, em que várias disciplinas são oferecidas aos interessados em Edificações e Comunidades Sustentáveis. As oportunidades de pesquisa são disponíveis em três áreas:

a) **Desempenho de Edificações e Sustentabilidade**, que contempla tópicos como: gestão de resíduos sólidos urbanos; fontes energéticas sustentáveis; uso de materiais e produtos de baixo impacto para construções; gestão da água e de resíduos líquidos; paisagismo produtivo em áreas urbanas; edificações, comunida-

des e cidades mais sustentáveis; impactos ambientais associados a materiais, componentes e sistemas construtivos; consumo e eficiência energética em prédios escolares e edificações residenciais; climatologia urbana; desempenho térmico de edificações de baixo custo; ruído urbano; ruído aéreo; desempenho de coberturas verdes - todos exemplos de tópicos de pesquisa em recentes dissertações de mestrado e teses de doutorado;

b) **Gerenciamento**, principalmente mediante pesquisas objetivando a redução de perdas e racionalização e aumento de produtividade na indústria da construção. Pesquisas na área vêm sendo conduzidas há mais de dez anos, em projetos de abrangência nacional, possibilitando oportunidades de pesquisa a vários estudantes de mestrado e de doutorado; e

c) **Novos Materiais e Tecnologias de Construção**, em que estudos relacionados à área da sustentabilidade são desenvolvidos e estão voltados, principalmente, à análise das propriedades físicas, químicas e mecânicas de resíduos de materiais de construção e ao desenvolvimento e à análise do desempenho de componentes com resíduos industriais incorporados.

16

1.3 Pesquisa

Em resposta ao crescente interesse, por parte de estudantes e profissionais, por temas ligados à sustentabilidade, foi criada, em 1997, na área de Construção Civil, a Linha de Pesquisas em Edificações e Comunidades Sustentáveis (LECS), que compreende

pesquisas, também, na área de Conforto Ambiental (térmica, acústica e iluminação natural). Dentro dessa linha de pesquisas, vêm sendo oferecidas, a cada ano, no mínimo, quatro disciplinas a estudantes dos cursos de especialização, mestrado e doutorado: Edificações e Comunidades Sustentáveis; Conforto Ambiental; Projetos Regenerativos; e Gestão Ambiental Urbana. O ensino se desenvolve apoiado em trabalhos de aplicação prática dos conhecimentos trabalhados, visitas de campo e estudos de caso. Em cada disciplina os alunos são solicitados a apresentar propostas de projetos, quase sempre em resposta a demandas do mercado e buscando materializar as propostas em empreendimentos de cunho demonstrativo. Disciplinas adicionais, identificadas como Tópicos Especiais em Engenharia (por exemplo, Construções em Terra; Edificações e Comunidades Sustentáveis em Prática; Clima e Climatologia Urbana; Conforto Acústico; e Projetos Regenerativos em Prática), são criadas para o atendimento a demandas específicas, quando coincidem com o interesse do NORIE e dos alunos.

Novas e desafiadoras oportunidades foram criadas para o grupo do NORIE, com o início, a partir de 1995, de um conjunto de atividades e projetos de pesquisa, ligados à área de sustentabilidade.

O primeiro desses projetos foi o assim denominado Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis (CETHS). Em decorrência de contatos estabelecidos com a CAIXA, que patrocinou a premiação de um Concurso Internacional de Idéias de Projeto, organizado pelo NORIE, em 1995, foi manifestada por essa instituição a intenção de apoiar a implantação de um projeto que fosse orientado se-

gundo as premissas de sustentabilidade, desde que também fosse identificada e apontada uma municipalidade que a viabilizasse. Isso somente viria a acontecer mais tarde, em 1997, quando a LECS encaminhou e teve aprovada a proposta do projeto CETHS, em Edital do Programa Habitare, da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP).

Os recursos da FINEP e da CAIXA (através do Programa Habitare - <http://habitare.infohab.org.br>) passaram a ser liberados a partir de 1999 e possibilitaram a montagem de uma infra-estrutura de pesquisa (uma biblioteca básica, com títulos internacionais atualizados sobre sustentabilidade, bem como a concessão de quatro bolsas de mestrado) para o desenvolvimento do projeto CETHS, que foi concluído em 2002. Esse auxílio foi essencial para a criação do impulso inicial para o desenvolvimento de todas as atividades de pesquisa, extensão e ensino que se seguiram.

O projeto de pesquisa CETHS teve por objetivo elaborar o projeto executivo de um pequeno conjunto habitacional, onde uma das metas seria a de demonstrar o uso de tecnologias sustentáveis, buscando, na sua realização, se orientar pelos resultados do Concurso Internacional de Idéias. Houve uma intenção de materialização desse projeto na cidade de Nova Hartz, RS, onde foram projetadas e construídas oito casas, até 2002, segundo os princípios de sustentabilidade. Esse projeto é descrito no Capítulo 7.

Quase que simultaneamente ao desenvolvimento do projeto CETHS, a LECS teve aprovado um novo projeto de pesquisa, em parceria com o Sindicato das Indústrias Cerâmicas e de Olarias do Estado do Rio Grande do Sul (SIOCERGS) e financiado pela

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), denominado Avaliação do Impacto Ambiental das Indústrias Cerâmicas do Estado do Rio Grande do Sul. Este projeto propunha avaliar o impacto ambiental de indústrias cerâmicas de pequeno, médio e grande portes no estado do Rio Grande do Sul. O projeto foi concluído em 2003 e resultou em duas dissertações de mestrado.

Ao final de 2004, a LECS concorreu com um novo projeto de pesquisa ao Edital do Programa Habitare, obtendo sua aprovação. Este projeto buscava o desenvolvimento de um modelo habitacional e de infra-estrutura urbana para áreas de risco, particularmente para uma vila onde residem catadores de lixo seco, que está localizada na Ilha Grande dos Marinheiros, no estuário do Guaíba, em Porto Alegre, formulado em obediência aos princípios de construções sustentáveis. As diretrizes para o projeto foram desenvolvidas na disciplina de Gestão Ambiental Urbana, durante o terceiro trimestre de 2003.

Pesquisas recentes desenvolvidas em trabalhos de dissertação de mestrado, ou em teses de doutorado, na LECS, foram orientadas para as seguintes áreas:

- a) investigação de produtos não tóxicos para a preservação de madeiras;
- b) emprego de madeiras de reflorestamento no design de mobiliário;
- c) impactos de ruídos de aeronaves;
- d) cidades sustentáveis;
- e) climatização de edificações, com o emprego de circulação forçada de água e/ou de ar, em convecção natural, em tubulações enterradas;
- f) modelos de gestão energética para peque-

- nas municipalidades;
- g) modelos de gestão ambiental para áreas de suscetibilidade ambiental;
- h) arquitetura sustentável;
- i) sistema de avaliação de desempenho térmico de edificações;
- j) consumo de eletricidade e eficiência energética em prédios escolares;
- k) coberturas verdes; e
- l) avaliação de sustentabilidade do protótipo Casa Alvorada.

1.4 Extensão

1.4.1 Encontros, Seminários, Concursos

As atividades de extensão associadas com a Linha de Pesquisas em Edificações e Comunidades Sustentáveis têm como ponto de referência inicial o Concurso Internacional de Idéias de Projeto, que teve por tema *Habitacões Sustentáveis para Populações Carentes*. O concurso foi realizado em 1995 e foi organizado pelo NORIE e pela Fundação de Ciência e Tecnologia (CIENTEC). Um considerável esforço foi realizado no sentido de materializar as idéias inicialmente apresentadas pelas propostas premiadas pelo Concurso e, posteriormente, por todas aquelas que resultaram desse marco histórico na evolução da LECS.

O próprio concurso foi associado a outra atividade de extensão, realizada pelo NORIE, o III Encontro Nacional e I Encontro Latino-Americano sobre Conforto Ambiental. Este evento, assim como o foi o I Encontro Nacional sobre Conforto Ambiental, também contando com a participação do NORIE em sua

organização, foi realizado na Serra Gaúcha e buscou estimular a apresentação de propostas de conforto ambiental que incorporassem princípios de sustentabilidade. O momento era propício, pois ainda repercutiam, em todo o Brasil, as deliberações da ECO 92 e da Agenda 21, daquela resultante. O Concurso de Idéias de Projeto contou com o apoio da CAIXA (de longa data apoiando pesquisas na área de habitação popular), que proporcionou a premiação das propostas vencedoras, e foi promovido pela Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC) (<http://www.antac.org.br>) e pela Passive and Low Energy Architecture (PLEA) (<http://www.plea-arch.org>), ambas representadas por membros de sua diretoria no corpo de jurados do Concurso.

Em 1997, o NORIE organizou o I Encontro Nacional sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis e, posteriormente, em 2001, o II Encontro Nacional e o I Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. Nos dois eventos foram promovidas, além da apresentação de trabalhos técnicos, palestras e cursos de curta duração, contando com pesquisadores líderes e ativistas da área da sustentabilidade, como os professores John Lyle, da California Polytechnic University (Calpoly), de Pomona, fundador do Center for Regenerative Studies, em Pomona; Steve Curwell, da University of Salford, Reino Unido; William Roley, diretor do Centro de Permacultura do Sul da Califórnia, implementador dos sistemas permaculturais na Calpoly; Liliana Miranda, do Fórum Ciudades para la Vida, do Peru, entre outros líderes nacionais e internacionais da área.

Em 2004, foi realizado, em São Miguel das Missões, RS, o I Seminário Internacional Um Olhar para

as Comunidades Indígenas Guarani. O evento teve por finalidade discutir perspectivas de interação na sociedade, com vistas a contribuir com as comunidades indígenas locais, buscando dotá-las de uma infraestrutura habitacional e de produção que atendesse às suas necessidades, respeitando sua realidade e aspirações culturais, e, por outro lado, buscar junto a elas inspirações para a nossa (a do homem branco) própria sustentabilidade.

1.4.2 Projetos

A primeira oportunidade de projeto de extensão, na Linha de Pesquisa em Edificações e Comunidades Sustentáveis, foi oferecida ao NORIE pela Prefeitura de Alvorada, RS, em 1997, e resultou no Projeto Alvorada. Ao final de 1997, foi firmado um convênio entre o NORIE/UFRGS e a Prefeitura Municipal de Alvorada (região metropolitana de Porto Alegre, RS), para que o NORIE, por meio de consultoria, contribuísse para o desenvolvimento de estudos e pesquisas sobre materiais ecológicos e de baixo custo, para moradias populares no âmbito da municipalidade. O convênio contou com o patrocínio do Centro Internacional de Investigações para o Desenvolvimento (IDRC), organização não-governamental do Canadá, que apoiava o município de Alvorada no desenvolvimento de estudos na área ambiental. Em sua fase inicial, o Projeto Alvorada (SPERB; BONIN; SATTLER, 1998) buscou atender à demanda da Prefeitura, mas o NORIE apresentou, antes do início do projeto, uma contraproposta à prefeitura, pela qual, pelos mesmos valores acordados, realizaria tais estudos e, em adição, desenvolveria uma proposta de habitação popular que pudesse servir de marco referencial para cooperativas habitacionais ou outros movimentos organizados, em busca de habitações

mais sustentáveis. Ou seja, propunha-se o projeto de um protótipo habitacional mais sustentável, para que, uma vez construído, pudesse servir de referencial, em escala real, e se constituísse em um modelo para a implementação de programas habitacionais locais que visassem a um menor impacto ambiental.

O projeto foi concluído e repassado à prefeitura, sendo apresentado ao Executivo municipal local, assim como aos membros de diversas Secretarias de Governo e a representantes de cooperativas habitacionais locais. Infelizmente, o protótipo não viria a ser implementado em Alvorada por uma série de razões, incluindo-se a descontinuidade de interlocutores do NORIE junto ao Executivo municipal (alta rotatividade dos tomadores de decisão na Secretaria Municipal de Planejamento). Tal descontinuidade política tornou necessário retomar, por diversas vezes, os contatos com o Executivo, onde o NORIE era requisitado a fazer novas apresentações do projeto, assim como o reenvio de documentos, pois, com as mudanças, era perdida, também, a memória do projeto.

Outros projetos de extensão sucederam-se ao Projeto Alvorada, citando-se: o Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis; o Protótipo Casa Alvorada; o Refúgio Biológico Bela Vista, em Foz do Iguaçu; o Centro de Educação Profissional do Vale do Caí, em Feliz; a Escola Municipal de Ensino Médio Frei Pacífico e a Casa Ventura, em Viamão, para destacar aqueles que foram concretizados, ou estão em fase de concretização. Além do Projeto Alvorada, os projetos para o Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis e para o Protótipo Casa Alvorada são abordados neste livro.

- 2.1 O conceito de sustentabilidade
- 2.2 Sobre o caráter holístico, sistêmico e de interdisciplinaridade orientando as atividades da LECS
- 2.3 O usuário: o fim último de nossos projetos
- 2.4 O fator local: o respeito ao espírito do lugar
- 2.5 Projetando com os quatro elementos: terra, água, ar e fogo
- 2.6 Projetando a arquitetura como a expressão de todas as artes
- 2.7 A ótica, a ética e a estética da sustentabilidade
- 2.8 Permacultura
- 2.9 Estratégias específicas
- 2.10 Síntese das recomendações para projetos mais sustentáveis

2.

O NORTE Princípios norteadores das atividades desenvolvidas pela LECS

Neste capítulo são apresentados alguns dos conceitos, princípios, diretrizes e estratégias que têm orientado a concepção e a construção de edificações e comunidades mais sustentáveis, por parte da Linha de Pesquisas em Edificações e Comunidades Sustentáveis (LECS), do Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE).

2.1 O conceito de sustentabilidade

A preocupação com a extensão dos danos causados pelo homem, com a sua reparação, assim como com projetos de menor impacto ambiental só muito recentemente adquiriram consistência na história humana. Por isso mesmo, os estudos e teorias desenvolvidos, bem como as novas práticas que passaram a ser adotadas, por serem recentes, não permitem o claro entendimento de muitos dos termos freqüentemente utilizados e, principalmente, o significado destes quando aplicados a intervenções urbanas e arquitetônicas.

Termos como “sustentabilidade” e “desenvolvimento sustentável”, “permacultura”, “arquitetura sustentável”, “construções sustentáveis”, entre outros, estão sendo utilizados, muitas vezes, sem que se tenha conhecimento preciso do que representam. Sente-se, pois, a necessidade de esclarecer o significado de alguns desses

conceitos, tal como entendidos pelo NORIE, para a definição de premissas que embasam as atividades adiante descritas.

Muitos dos conceitos relacionados à sustentabilidade são, na verdade, óbvios, já que foram, ao longo da história do homem, a única ou a melhor opção disponível a orientar a maioria de suas intervenções sobre o planeta. Alguns desses conceitos dizem respeito às edificações e às comunidades, à forma de o homem construir ou modificar o seu *habitat*, quando busca minimizar a adição de impactos (pois impactos sempre existem) àqueles já ocorrentes. Algumas atitudes são simples, facilmente entendíveis, e requerem apenas sensibilidade e respeito pelo planeta, pela vida, enfim, tanto de nossos semelhantes e de nossos descendentes quanto dos demais seres que conosco nele convivem. Entre tais atitudes podemos citar:

- a) usar com parcimônia e de modo racional todas as formas de água;
- b) usar, preferencialmente, recursos energéticos renováveis, buscando minimizá-los e usá-los racionalmente;
- c) reduzir o uso de materiais de construção (reduzindo, inclusive, a escala das edificações construídas);
- d) entre os materiais disponíveis, selecionar aqueles menos impactantes, tanto ao homem como ao ambiente; e
- e) quando construir, buscar maximizar a durabilidade da edificação, assim como, nas novas construções, fazer uso de materiais já usados anteriormente e minimizar perdas.

Por outro lado, existem muitas definições para “sustentabilidade” e “desenvolvimento sustentável”. Entre as mais singelas destacamos aquelas referidas por Gibberd (2003):

Sustentabilidade é viver dentro da capacidade de suporte do planeta e **desenvolvimento sustentável** é aquele desenvolvimento que conduz à sustentabilidade.

A sustentabilidade, em toda a sua abrangência, pode se mais bem entendida quando avaliada em suas diversas dimensões (SACHS, 1993):

- a) **sustentabilidade social**: preconiza uma civilização com maior equidade na distribuição de rendas e bens, reduzindo o distanciamento e as discrepâncias entre as camadas sociais;
- b) **sustentabilidade econômica**: informa que a eficiência econômica deveria ser medida em termos macrossociais, e não somente por meio de critérios macroeconômicos de rentabilidade empresarial;
- c) **sustentabilidade ecológica**: deve ser buscada mediante a racionalização do aporte de recursos, com a limitação daqueles esgotáveis ou danosos ao meio ambiente; da redução do volume de resíduos e com práticas de reciclagem; da conservação de energia; bem como através do empenho no desenvolvimento de pesquisas que façam uso de tecnologias ambientalmente mais adequadas e na implementação de políticas de proteção ambiental;
- d) **sustentabilidade geográfica ou espacial**: propõe uma configuração rural/urbana mais

equilibrada, com a redução de concentrações urbanas e das atividades econômicas; considera, também, a proteção de ecossistemas frágeis, a criação de reservas para a proteção da biodiversidade e a prática da agricultura e da agrossilvicultura com técnicas regenerativas e em escalas menores; e

e) **sustentabilidade cultural**: encontra-se associada à valorização das raízes endógenas, admitindo soluções que contemplem as especificidades locais do ecossistema, de forma que as transformações estejam em sintonia com um contexto que permita a continuidade cultural.

No projeto do Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis (CETHS), a equipe de projeto do NORIE procurou desenvolver diretrizes que incorporassem as **cinco dimensões da sustentabilidade** de Sachs na produção das habitações de baixo custo para o município de Nova Hartz. Com isso, pretendia-se propor soluções saudáveis e confortáveis de habitações, a um preço acessível e com um impacto ambiental minimizado (SATTLER, 1998). As dimensões de Sachs foram traduzidas nas diretrizes a seguir.

A **sustentabilidade social** foi buscada mediante habitações que proporcionassem qualidade de vida, oferecendo às populações de baixa renda a possibilidade de viver dignamente. A reduzida disponibilidade de recursos para as construções foi considerada. Todavia, o objetivo do projeto foi o de produção de habitações que oferecessem saudabilidade e um patamar mínimo de bem-estar ao morador, bus-

cando compatibilizar níveis adequados de segurança estrutural e durabilidade, com economia e habitabilidade, e não apenas a produção de habitações com o menor custo inicial possível.

A **sustentabilidade econômica** do processo de produção das edificações foi projetada para um horizonte temporal, não limitada apenas à sua construção, mas relacionada a iniciativas que, ao mesmo tempo em que buscassem a redução dos custos, previssem, também, a geração de renda no próprio local da moradia, durante e após a sua construção. Dessa forma, as iniciativas propostas foram:

a) utilização de materiais encontráveis na região, para reduzir custos de transporte e propiciar o emprego da mão-de-obra localmente disponível, possibilitando a geração de renda para a população da municipalidade de Nova Hartz;

b) concepção de projetos à luz de princípios orientados pela racionalidade da coordenação modular (mas sem a substituição insensível do homem pela máquina, que reduz empregos e gera problemas sociais), de modo a possibilitar a adoção de sistemas de construção otimizados e a diminuição de perdas de material; e

c) utilização da mão-de-obra dos futuros moradores, que seriam beneficiados com a aprendizagem de um ofício e que, além disso, tenderiam a ficar mais comprometidos com o projeto, contribuindo, assim, para o êxito social do empreendimento.

Pretendia-se buscar a **sustentabilidade ecológica** das habitações por meio da:

a) escolha responsável dos materiais e sistemas construtivos, considerando os impactos relacionados a essas escolhas;

b) otimização do desempenho energético, na fase de uso da edificação, principalmente através do uso de sistemas passivos de condicionamento ambiental e do aproveitamento de formas de energia naturalmente disponíveis e limpas; e

c) escolha do tipo de implantação, a adequação ao lugar, considerando a topografia e os ecossistemas existentes no local, devendo a edificação resultar integrada a estes.

A **sustentabilidade espacial** foi definida pelo tipo arquitetônico proposto, que deveria apresentar as seguintes características:

a) compacidade, já que a área dos lotes era limitada e assim uma maior área deles poderia ficar liberada para a produção de alimentos;

b) flexibilidade, o que permitiria uma maior adequação às necessidades funcionais específicas dos usuários e tenderia a determinar uma maior diversidade na composição do ambiente urbano; e

c) formalidade das propostas arquitetônicas, de modo a não gerar conflitos entre os moradores, o que poderia contribuir para uma fragmentação do caráter comunitário.

A **sustentabilidade cultural** deveria ser buscada através de duas formas:

a) pela identificação dos elementos da edificação que integrassem a “memória afetiva” da comunidade; e

b) pela identificação de espaços da edificação que constituíssem suporte a atividades e comportamentos típicos dessas comunidades, devendo aqueles receber maior atenção no instante do projeto.

2.2 Sobre o caráter holístico, sistêmico e de interdisciplinaridade orientando as atividades da LECS

Independentemente do projeto, um conjunto de princípios está sempre norteando as propostas e intervenções conduzidas. O **primeiro princípio** é o de que toda a proposta deverá apresentar um **caráter holístico**. Esse caráter é buscado pela variedade, o mais ampla possível, de enfoques adotados, de modo a contemplar um vasto leque de necessidades humanas e assim contribuir no estabelecimento de uma “sensação de completo bem-estar físico, emocional” e espiritual. De forma crescente, tem-se buscado, no NORIE, incorporar e aprofundar conceitos que possam enriquecer o *habitat* humano, ou construído, sem prejuízo ao *habitat* natural. Parte-se do pressuposto de que o conhecimento hoje disponível, certamente singular na história humana, é o resultado do acúmulo de conhecimentos, tanto da diversidade de culturas que hoje povoa o planeta como de todas as culturas passadas. A tendência da cultura atual de rejeitar muito do que foi produzido no passado, optando-se pela continuada busca e desenvolvimento

de “novas” tecnologias, sem a necessária precaução com os impactos que os novos produtos possam determinar, para o homem e para o ambiente, e valorizando, apenas, o emprego de novos conhecimentos, novos materiais, novas tecnologias, conduziu-nos ao momento presente, quando impactos de toda a natureza se acentuaram de tal maneira que colocam em risco a sobrevivência humana. Assim, busca-se somar ao conhecimento “científico” do presente as contribuições, muitas vezes “não tão científicas”, herdadas de nossos antepassados, ou de outras culturas, ou até daquelas atuais que, mesmo respondendo aos anseios de determinados contingentes da população, ainda não tenham sido comprovadas cientificamente. O nosso procedimento tem sido o da abertura a um amplo espectro de alternativas e, então, da aplicação, análise, teste ou monitoramento, segundo os procedimentos e técnicas disponíveis na academia, ao mesmo tempo em que observamos o modo e a extensão com que contribuem para a satisfação das necessidades físicas, espirituais, intelectuais, sensoriais e emocionais do homem.

O **segundo princípio** é o da observância às relações sistêmicas entre processos ou fluxos, buscando identificar similaridades com aqueles existentes na natureza, considerando esta como modelo e “contexto”, conforme recomendado por Lyle (1994). Na medida do possível, busca-se agregar ao conhecimento já acumulado a riqueza dos instrumentos disponíveis para a análise de ciclos ou de relações entre eventos e processos.

A nossa época tem se caracterizado pela compartimentação, departamentalização, divisão das

áreas de conhecimento e das atividades, buscando o seu entendimento aprofundado. Assim, desvendamos o código genético, mergulhamos nos segredos subatômicos ou da imensidão do universo, mas consideramos cômodo ou conveniente ignorar as conseqüências de processos ou do uso de produtos que comprometem a nossa sobrevivência. Na área de construção civil, que faz uso de dezenas de milhares de produtos, são inúmeros aqueles nocivos à saúde humana ou ao ambiente, em alguma ou várias etapas de seu “ciclo de vida”. Uma rápida leitura das inúmeras obras da literatura preocupada com tais questões revelará aqueles que são cancerígenos, mutagênicos, disruptivos endócrinos ou os que contribuem significativamente para o aquecimento global, ou os que consomem grandes quantidades de energia em seu processo de produção ou transporte. Estimulamos, pois, os alunos a utilizar ferramentas que ampliem o foco das questões analisadas e que possibilitem identificar etapas anteriores ou subseqüentes, aprofundando o tratamento de questões quantitativas (volume de recursos utilizados, a extensão dos danos e do esgotamento nas zonas de extração, a quantidade de resíduos gerados) e qualitativas (a qualidade, para o homem/ambiente, assim como a nocividade/toxicidade dos produtos gerados em cada etapa do ciclo de vida).

Os dois primeiros princípios acima referidos conduzem, necessariamente, ao **terceiro**, que é a necessidade do envolvimento de equipes interdisciplinares nas diversas etapas da elaboração de projetos ou de sua materialização. O NORIE admite, regularmente, profissionais das áreas de engenharia, arquite-

tura e agronomia. A Linha de Edificações e Comunidades Sustentáveis também já contou com a colaboração de alguns biólogos. Vários alunos das demais linhas de pesquisa do NORIE, particularmente das de Gerenciamento e de Materiais, têm se envolvido no desenvolvimento de anteprojetos ou de projetos conceituais. Os alunos de mestrado e de doutorado da LECS têm contado, freqüentemente, com a co-orientação ou o apoio de professores, da UFRGS e de outras universidades, que possuem formação nas áreas de agronomia, arquitetura, psicologia, engenharia mecânica, biologia, administração, antropologia, educação, engenharia florestal, geografia e geologia, os quais também têm composto as suas bancas de avaliação.

É freqüente, nas etapas iniciais de desenvolvimento de um novo projeto, realizar uma charette, que, ao longo de um, dois ou três dias, busca discutir, conjuntamente com o cliente e com o apoio de equipes multidisciplinares, normalmente contando com vinte a trinta participantes, as diretrizes que o orientarão para soluções mais sustentáveis. Essa conjugação de múltiplos olhares tem enriquecido e aprofundado o significado das propostas desenvolvidas, facilitando a aplicação dos dois primeiros princípios já referidos, e tem se materializado em um conjunto já significativo de construções.

2.3 O usuário: o fim último de nossos projetos

Sachs (1993), quando apresenta sua proposta de princípios para o desenvolvimento equilibrado, refere que se deve buscar “garantir a valorização dos recursos específicos de cada região, de modo a satis-

fazer as necessidades básicas da população, tais como alimentação, habitação, saúde e educação, com vistas à autonomia” e que devemos “posicionar o homem como o centro e fim do desenvolvimento, seu recurso mais precioso, e, portanto, buscar o emprego, a segurança e a qualidade das relações humanas, com respeito à diversidade das culturas existentes”.

Cabe perguntar: quão perto ou o quão longe temos nós posicionado este homem, como usuário das edificações que projetamos, do “centro e fim do desenvolvimento”? Estaremos nós atendendo às suas reais necessidades? Quais seriam tais necessidades? Quem é esse usuário? Quem é esse homem?

Ao enunciar o primeiro dos princípios orientadores das atividades da LECS, mencionamos que, dentro do princípio **holístico**, buscamos contribuir para a satisfação de **todas** as necessidades humanas. Isso quer dizer necessidades físicas, cognitivas, sensoriais, emocionais e, sempre que possível, também as necessidades espirituais do homem. Não estaremos nós orientando, no mais das vezes, os nossos projetos para a satisfação de um conceito meramente **estético**, freqüentemente efêmero, muitas vezes dissociados de nossas raízes culturais, influenciados por tendências, também temporais, inspirados por modelos originários de países mais afluentes, projetos que, normalmente, contemplam apenas o sentido da visão? Se pensarmos em termos holísticos, o homem (em sua maioria, já que uma parcela significativa da população nasce ou é vítima de acidentes que limitam o seu pleno uso) não desfruta de um conjunto de sentidos, alguns dos quais, talvez, ainda nem tenham sido adequadamente identificados como tais.

Day (1999) refere que “os órgãos sensoriais nos possibilitam, fundamentalmente, saber o que é importante em nosso entorno; nós experienciamos as coisas através dos sentidos externos: visão, olfato, paladar, som, calor, tato”. Esse autor complementa: “a arquitetura, no que se relaciona a projetos ambientais, é a arte de nutrir estes sentidos”. O que Day propõe é que a arquitetura satisfaça o maior número possível de sentidos.

Alberts (1990), projetista de uma referência internacional de arquitetura sustentável na Europa, a sede do Banco ING, em Amsterdã, comenta que, considerando a importância da sensação do tato, nesse projeto ele buscou identificar aqueles componentes da edificação com os quais os funcionários do banco experimentavam um contato diário ou freqüente. Em função das respostas do levantamento, ele projetou as mesas de trabalho e os corrimões das escadas em madeira, e os trincos das portas em bronze. O arquiteto Otávio Urquiza (2007), que concebeu e construiu uma Ecovila na cidade de Porto Alegre, projetou, para as residências locais, um sistema de ventilação convectiva natural, no qual o ar circula através de um jardim de plantas aromáticas, antes de ingressar nos recintos internos. Da mesma maneira, ao trabalharmos com a natureza, não poderíamos, com o paisagismo, enriquecer ainda mais os projetos, estimulando o sentido da audição, agregando sons (água, pássaros, etc.), e do paladar (com frutos comestíveis, que adicionalmente podem veicular estímulos olfativos, visuais, táteis)? Mesmo o sentido de frio e calor (normalmente não identificado como um dos sentidos humanos) poderia ser estimulado me-

dante projetos habilmente elaborados para abrandar a sensação de desconforto, através de superfícies aquecidas ou resfriadas naturalmente. Com isso estaríamos contemplando, de modo amplo, o usuário em sua **dimensão sensorial**.

A arquitetura atual, em geral, está bem aparelhada em termos de conhecimentos e propostas para satisfazer o homem em sua **dimensão física**. Os ambientes, embora com construções muitas vezes minimizadas em sua área, por questões de custo, atendem aos valores acordados em normas técnicas, que levam em consideração as características físicas das populações, mesmo para aqueles dotados de carências de locomoção, visão e até audição.

Alberts (1990) faz referência à trindade do corpo, alma e espírito. E adiciona que a Terra é também um ser vivo (o que nos reporta à teoria de Gaia) de grande significância espiritual; um ser no qual nós vivemos e que, em última instância, hospeda temporariamente o nosso ser. Isso nos faz refletir que não apenas as nossas necessidades *materiais* devem ser atendidas pela arquitetura, mas também aquelas que dizem respeito à nossa alma e espírito, aquelas que não são diretamente percebidas por nossos sentidos. Embora não seja nossa intenção aprofundar tais aspectos, até por não ser de nossa competência, consideramos relevante destacar algumas relações, quase que intuitivas, que transcendem à percepção dos sentidos humanos, mas que, no entanto, podem ser estabelecidas com os elementos materiais, acima assinalados. Poderíamos, então, inferir a existência de duas outras dimensões: a **espiritual** e a **aními-**

ca. Independentemente de nossas crenças individuais, cada ser humano deve ser respeitado nas suas. A **dimensão espiritual** humana não necessita ser atendida apenas em templos, locais de oração ou de reverência aos mortos. Em maior ou menor extensão, diferentes culturas, e seus arquitetos e construtores, incorporam-na como um componente essencial em seus projetos e construções. Assim, criam ambientes propícios à oração ou meditação; ambientes tranquilos ou ambientes obedecendo a determinados princípios em que são valorizadas as formas, as dimensões, o mobiliário, as cores e mesmo o posicionamento de equipamentos geradores de correntes eletromagnéticas, de maior ou menor intensidade.

Já a **dimensão anímica** está relacionada à alma do indivíduo. É aquela que busca respeitar ou estimular as emoções do indivíduo, e por isso mesmo se aninha no campo da psicologia humana. Ela trata daquilo que nos deslumbra, encanta, apaixona ou, pelo contrário, conduz a sentimentos menos desejados. Em outras palavras podemos dizer que é a dimensão que “fala e toca ao coração”.

28

Em vez da trindade de Alberts, anteriormente referido, poderíamos pensar em uma dualidade humana: corpo e espírito. Poderíamos pensar que essa dualidade, presente ao longo da vida humana, está dotada de diversos canais que permitem a comunicação com nossos semelhantes, assim como com outros seres e com a natureza em geral, que seriam os canais ou dimensões sensoriais, anímicas ou cognitivas.

Por fim, a **dimensão cognitiva** é condicionada pela nossa formação cultural ou intelectual. Está

diretamente relacionada àquilo que aprendemos, por nosso empenho, ou que nos é repassada, que herdamos de nossos pais, de nossa etnia ou da sociedade local, mesmo que passivamente. Em boa parte, embora não exclusivamente, ela poderá justificar por que as necessidades de moradia são significativamente diversas, específicas, para um aborígine, para um indígena, para um cidadão urbano ou rural, em cada região de nosso planeta.

É do entrelaçamento, da combinação de todas essas dimensões, que vão resultar as necessidades ou aspirações específicas de cada indivíduo, que o projetista deverá procurar respeitar ou se habilitar para melhor atender.

2.4 O fator local: o respeito ao espírito do lugar

A adequação da edificação ao *lugar*, a construção em harmonia com a natureza e a arquitetura bioclimática constituem diretrizes semelhantes, que traduzem uma preocupação *atual*, já que a história nos mostra que até a Revolução Industrial tais princípios constituíam a regra. A partir de então, com a crescente acessibilidade aos combustíveis fósseis, com a despreocupação com eventuais impactos ambientais ou com o seu esgotamento, e com a possibilidade de climatização artificial dos edifícios e da gradual facilitação do transporte de materiais para a sua construção, ocorreu um crescente descaso com a harmonização entre a edificação e o local de sua implantação.

As conseqüências dessa desconsideração são várias: a adoção generalizada de padrões arquitetô-

nicos internacionais, desvinculados da realidade climática brasileira, regional e local, que determina um consumo expressivo de recursos energéticos para a climatização; a importação de materiais de regiões distantes do sítio da construção e, mesmo, de outros países, com implicações no consumo de energia de transporte e em emissões nocivas ao homem e ao ambiente, e na desconsideração e desrespeito às culturas construtivas regionais; a desnecessária e excessiva modificação da paisagem, que varia desde a retirada da camada superficial fértil de solo, até expressivas movimentações de terra, para nivelar o terreno ou criar patamares para a implantação de edificações e vias. Um exemplo que ilustra os extremos que podem ser praticados foi a terraplanagem para o Conjunto Habitacional Santa Etelvina, pela COHAB/SP, em 1983, onde, para a implantação de 40.000 unidades habitacionais, foi realizada uma movimentação de terra equivalente a 21% daquela que resultou na implantação da usina de Itaipu Binacional, em Foz do Iguaçu.

Mas poderíamos nos perguntar se, em paralelo com a preocupação com a adequação da edificação às características físicas do sítio, não haveria a necessidade de sua harmonização com o *espírito do lugar*. Um primeiro questionamento pertinente seria sobre o que seria esse espírito do lugar. Nós entendemos que, da mesma maneira como percebemos de forma diversa, através dos diferentes canais de comunicação com o ambiente (cognitivos, sensoriais ou anímicos), uma atmosfera, uma sensação peculiar ao ingressarmos em uma prisão, em um hospital ou em uma catedral, também a nossa

percepção é diferenciada quando nos colocamos em contato com ambientes naturais diferenciados. Essa percepção pode ser afetada pelo grau de intervenção humana, que pode fazer com que o lugar se torne mais agradável, embora muito mais frequentemente resultando em uma perda de qualidade. Como diz Day (1999), em seu livro *Architecture as a Healing Art*, “às vezes é difícil imaginar que um lugar possa ser tão atrativo e inevitável sem os edifícios”. O mesmo autor entende que

[...] o espírito de um lugar é o sentimento intangível – composto por muitas coisas – que ele transfere. Ele pode, por exemplo, transmitir a sensação de sono, cheirar a coníferas, ser amigável, ventilado, quieto, suas ruas e caminhos não apressando, mas curvando-se levemente, de tal modo que sempre apresentam novidades, cada vez que você passa por eles. Sobre esta composição de experiências sensoriais, reforçadas por associações históricas, nós começamos a sentir que existe algo especial com relação a este local, único, vivo, e evolutivo, mas que resiste a pequenas mudanças. Eu chamo a isto de *espírito do lugar*.

Nas Figuras 1 a 3 buscamos identificar alguns ambientes, todos agradáveis em nosso entender, onde o grau de intervenção humana decresce, da primeira figura para a última. A nossa percepção é a de que os três ambientes despertam um sentimento que gostaríamos que permanecesse imutável, ansiando para que fosse preservado o seu *espírito do lugar*.



Figura 1 – A edificação agregando qualidade ao *espírito do lugar*



Figura 2 – Ambiente natural, com intervenção humana branda.
Foto: Christiane Carbonell, 2000



Figura 3 – Ambiente natural intocado

Cada construção, pois, modifica o espírito do lugar. Deveríamos nos perguntar, como projetistas, se essa modificação será positiva ou negativa, em face do projeto proposto. Entendemos que, quando intervimos no ambiente natural, devemos buscar identificar esse *espírito do lugar* e construir em harmonia com ele. Assim, também, sempre deveríamos consultar os nossos clientes sobre o tipo de sensação que eles gostariam que a construção lhes transferisse.

2.5 Projetando com os quatro elementos: terra, água, ar e fogo

Os quatro elementos da natureza – água, ar, terra e fogo –, integrados à linguagem de nossos ancestrais, também podem ser entendidos como outra forma de referir os requisitos essenciais para o suporte à vida mais ameaçados em nossa sociedade: a água que bebemos, o ar que respiramos, o solo que aninha os produtos que nos alimentam e a energia, essencial para a vida, que perpassa os demais elementos.

Segundo Vale e Vale (1991),

para nossos ancestrais, toda a matéria era composta dos quatro elementos de terra, água, fogo e ar, em proporções variadas. Hoje se sabe ser a composição da matéria muito mais complexa, mas os quatro elementos ainda proporcionam uma forma útil de se enxergar o modo como as edificações interagem com o planeta. As edificações são construídas de materiais tomados da terra, elas são servidas por terra e “fogo” e elas interagem com o ar, água, “fogo” e terra, dos quais os seus ocupantes dependem para sua sobrevivência.

O conceito dos quatro elementos tem contribuído para o lançamento de propostas arquitetônicas e paisagísticas mais sustentáveis no NORIE.

Por um lado, os elementos remetem a significados que enriquecem os projetos e permitem entender as relações harmônicas da natureza, onde cada elemento é fundamental para a sustentabilidade da vida, e sugerem como o homem, e os produtos por ele desenvolvidos, poderia se integrar a essa harmonia. Cada elemento traz um significado próprio, que é aplicado aos diferentes usos e ocupações dos locais de intervenção. Um elemento requer a presença balanceada dos demais, para que se possa alcançar o conceito de um todo unificado e harmônico, em semelhança à natureza, que serve de modelo, inspirando as decisões de projeto. Entendemos que isso também signifique *projetar com a natureza*.



Figura 4 – Uma das edificações identificadas com o elemento TERRA, presente em sua cobertura, construída para o Refúgio Biológico Bela Vista, em Foz do Iguaçu (Sattler et al., 2003)
Foto cedida pela Central Hidrelétrica de Itaipu, 2003.

Assim, ao pensar no elemento TERRA, estamos pensando, fundamentalmente, nos materiais de construção, nos componentes e sistemas construtivos. Buscaremos analisar o seu ciclo de vida, compreendendo as diferentes fases de seu processo de produção (extração, transporte, industrialização ou manufatura, aplicação, desmonte ou descarte), nas possibilidades de seu reúso ou reciclagem. Ainda avaliaremos a sua toxicidade, as emissões de dióxido de carbono e outros impactos associados à sua extração, produção e transporte. Mas também poderemos pensar na terra sobre a qual a edificação se assenta: na topografia, nas suas condições de suporte de cargas, na sua composição, quando pretendemos utilizá-la como material de construção (Figura 4). Ademais, poderemos avaliar a sua fertilidade e potencial de produção de alimentos e outras plantas, em hortas e jardins. A terra também poderá nos fornecer a biomassa, que poderá gerar a energia que aquecerá os ambientes internos ou que será usada para preparar as nossas refeições. Também através da terra poderemos ter acesso à energia geotérmica, com o uso adequado de tubos enterrados, e a terra nos auxiliará a armazenar energia, através de sua capacidade térmica.

Ao pensar no elemento ÁGUA, estamos nos lembrando de avaliar o regime pluviométrico e a disponibilidade de água local, assim como a qualidade da água localmente disponível, para diferentes fins. Estudamos a possibilidade de captação e armazenamento da água da chuva, das águas superficiais ou das águas de profundidade. As diversas possibilidades de reúso das águas residuárias, depois de adequadamente tratadas (avaliando as também diversas possibilidades de tratamento), não

poderão ser negligenciadas, assim como a possibilidade de emprego dessas águas como um recurso para fertilização do solo, considerando os seus nutrientes e os seus elementos tóxicos ou patogênicos. O conhecimento do terreno nos informará sobre as possibilidades de uso da água, em microquedas de água, assim contribuindo na geração de energia (Figura 5).



Figura 5 – Proposta de projeto para o “Portinho”, no Refúgio Biológico Bela Vista, do complexo de Itaipu Binacional, identificado com o elemento ÁGUA (Sattler et al., 2003)

Na avaliação do elemento AR, buscamos identificar a sua pureza e sobre como evitar os poluentes internos e externos, emitidos pelos materiais, em seu processo de produção, ou ao serem aplicados, ou em seu uso, que possam emitir compostos orgânicos voláteis tóxicos e o comprometimento da saúde humana ou da de outros seres. Avaliamos a possibilidade de ventilação cruzada, como um recurso de condicionamento térmico natural. Em todos os casos, os dados climáticos locais nos possibilitarão conhecer a velocidade dos ventos, para fins de dimensionamento da envolvente da edificação, assim como o seu po-

tencial para a geração de energia.

O elemento FOGO pode nos lembrar sobre os ganhos e perdas de calor, determinantes do desempenho térmico da edificação. A sua intensidade orientará a busca da otimização da disposição da edificação sobre o terreno e das cores das superfícies expostas das edificações, da sua proteção por vegetação arbórea, coberturas ou peles verdes. A iluminação natural, conduzindo a radiação luminosa oriunda do Sol, criará ambientes saudáveis e agradáveis. A sua intensidade poderá ser estendida pela implantação de prateleiras de luz, ou controlada por brises e outras formas de proteção solar, e informará sobre o potencial e a viabilidade de uso de coletores fotovoltaicos ou daqueles destinados ao aquecimento de água.

Por outro lado, além dessas manifestações visíveis, práticas, identificadas por nosso intelecto ou percebidas por nossos sentidos, existem outras formas através das quais os elementos nos informam sobre a qualidade inerente às nossas edificações e cuja comunicação é feita através dos canais anímicos, falando-nos diretamente ao coração. Então pensar os elementos, dessa maneira, faz-nos criar associações claras com os sentimentos que cada um dos elementos veicula.

Assim podemos pensar a ÁGUA como relacionada à fertilidade, adaptabilidade, fonte de vida/alimento; harmonia/paz; meditação; espelho/reflexo; purificação/limpeza; alívio da tensão, etc.

O AR também pode ser associado a vários significados: oxigênio, vida, vento, aroma, transparência, movimento/som, renovação, leveza/elevação e suavidade.

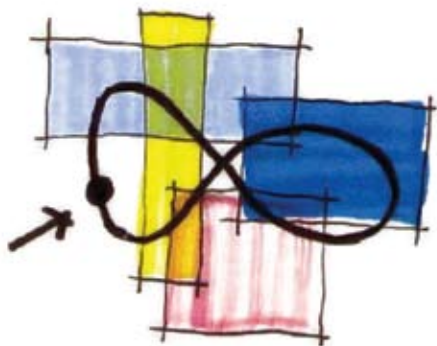


Figura 6 – Uma interpretação artística dos quatro elementos e da vida que neles se apóia e por eles é sustentada

Fonte: Grupo de participantes da *charrette* realizada para o desenvolvimento do Projeto Conceitual para o Refúgio Biológico Bela Vista, 2000

O elemento TERRA é identificado com estabilidade, segurança, firmeza, e associado com significados como solidez, lar/mãe, planeta, vida, alimento/agricultura, riqueza, paisagem, suporte e origem.

Finalmente, o FOGO se relaciona com tudo o que é pleno, brilhante, quente, assim como é associado a significados como calor, paixão, coração, vibração, luz, vida, transformação, energia, ação, explosão, criação e propagação.

Assim podemos dizer que os quatro elementos devem ser incluídos nos projetos, considerando-se os princípios holístico e sistêmico. Um exercício sempre útil é considerar, em cada projeto, os fluxos de materiais, em suas distintas manifestações (terra, ar e água) e energia (fogo). Em composições variadas, os quatro elementos integram as edificações e circulam diariamente através delas. Cabe a nós observar os fluxos da natureza, para que nos sirvam de modelo, de modo a racionalizar o seu emprego e a sua circula-

ção: buscar propiciar a todos os seres níveis ótimos, sem falta, nem excesso. Assim minimizaremos o uso supérfluo e os conseqüentes resíduos. Ademais, dentro da visão sistêmica, veremos que os resíduos (em quantidades não tóxicas) poderão alimentar outras cadeias vivas, na forma de recursos.

2.6 Projetando a arquitetura como a expressão de todas as artes

Entendemos que toda obra de arquitetura deve explorar, ao máximo, o seu potencial de, ao ser materializada, constituir a expressão de todas as artes. Concordamos, pois, com Alberts (1990), que diz:

Música, poesia, literatura, dança, pintura, escultura e arquitetura: esta foi a forma com que o pensar humano dividiu a arte. [...] O espírito de síntese agora ganha novo impulso em nosso planeta e nós estamos tentando - neste redespertar para as diferentes formas de expressão artística - combiná-las novamente. Não criando uma pálida mediocridade de todas as artes, mas criando uma nova coesão das artes, onde cada uma delas retém a sua individualidade.

Apesar de sua simplicidade, a Figura 7 ilustra o que foi almejado para o Protótipo Casa Alvorada. Comparada às construções usualmente construídas no país, buscando constituir um lar para populações carentes, o protótipo tenta estabelecer um novo paradigma, cuja meta não é apenas oferecer um teto que substitua o leito da rua ou o abrigo de uma ponte, mas oferecer uma casa que resgate a dignidade do ser humano: que seja funcional, confortável, com avanços significativos de sustentabilidade, de baixo custo e bonita.



Figura 7 – O protótipo Casa Alvorada, no Campus da UFRGS

Ela busca constituir algo como uma escultura (talhada conjuntamente por muitas mãos, dos mais de 30 alunos da LECS/NORIE que participaram de seu projeto, e de quase outros tantos que participaram de sua construção). O piso de sua varanda conjuga peças cerâmicas definindo desenhos que bus-

cam embelezar até o que está por baixo dos pés dos moradores. Bem integrada à natureza, cercada por vegetação, ela atrai pássaros e insetos, que trazem a **música** da natureza para os ouvidos cansados do trabalhador. Quando integrada aos caminhos sinuosos que caracterizam o conjunto habitacional do CETHS, o acesso a ela faz com que o usuário pareça praticar singelos passos de **dança**...

2.7 A ótica, a ética e a estética da sustentabilidade

É vital, portanto, que, conscientes do que estamos gerando e deixando como herança para os nossos descendentes, reflitamos e busquemos novas alternativas. Entendemos que, na área da construção civil, tais alternativas devam ser buscadas segundo uma nova **ótica**, alinhada com uma **ética**, seguindo a **estética da sustentabilidade**. Conforme Sattler (2003), somos informados sobre essa **ótica da sustentabilidade**, sobre esse novo olhar para o homem, seu *habitat* e seus sistemas de suporte, através de um grande número de documentos, como o Nosso Futuro Comum, o Relatório Brundtland, a Agenda 21, e de um número muito maior de contribuições escritas, inclusive as específicas à construção civil, publicados nos mais diversos países. Seguiremos os princípios **éticos da sustentabilidade**, quando os nossos projetos e as nossas ações levarem em consideração, como referem McDonough e Braungart (2002), “todas as crianças, de todas as espécies, para todo o tempo”. Orientaremos os nossos projetos segundo a **estética da sustentabilidade**, quando eles expressarem, fisicamente, essa ótica e essa ética, pois, como referido por Colombo

(2004), “a estética de uma dada construção não inclui apenas a beleza plástica, mas a qualidade das suas características em prol da qualidade de vida individual e coletiva, presente e futura”.

2.8 Permacultura

A permacultura é um conjunto de conceitos e propostas que busca a criação de ambientes humanos sustentáveis. É uma contração das palavras “permanente” e “agricultura” ou “permanente” e “cultura”. A permacultura foi criada no final dos anos 1970 por Bill Mollison e David Holmgren, na Austrália, e não trata somente dos elementos de um sistema, mas, principalmente, dos relacionamentos que podemos criar entre eles, por meio da forma com que os colocamos no terreno.

O objetivo é a criação de sistemas, que, sendo ecologicamente corretos e economicamente viáveis, se retroalimentem, não explorando ou poluindo, sendo sustentáveis no longo prazo. Para tanto, a permacultura busca reproduzir os modelos da natureza, criando ecossistemas cultivados, a partir da observação/reflexão/design, estabelecendo um processo cíclico, em que, após o design, há uma nova observação, uma nova reflexão e, então, se necessário, o redesenho.

Ética da permacultura

A permacultura possui uma ética que se apóia em três pilares:

a) **cuidado com a Terra**, que nos orienta sobre como cuidar de todas as coisas, vivas ou

não. Isso implica atividades inofensivas e reabilitantes, conservação ativa, uso de recursos de forma ética e comedida, e um estilo de vida correto (trabalhando para criar sistemas úteis e benéficos);

b) **cuidado com as pessoas**, orientando sobre como suprir as necessidades básicas de alimentação, abrigo, educação, trabalho para as pessoas, assim como sobre construir contatos humanos mais saudáveis. Tais cuidados são importantes porque, mesmo que as pessoas constituam apenas uma pequena fração da totalidade dos sistemas vivos do planeta, o impacto que elas causam é significativo e perdura por longos períodos; e

c) **cuidado com a distribuição dos excedentes**, que representa o investimento de tempo, dinheiro e energia para alcançar os objetivos de cuidado com a Terra e de cuidado com as pessoas. Isso significa que, após termos suprido nossas necessidades básicas e projetado nossos sistemas, de forma otimizada, dentro dos limites possíveis, poderemos utilizar nossas energias para auxiliar a outros no alcance desses objetivos.

Princípios da permacultura

Existem alguns princípios inerentes a qualquer projeto permacultural, em qualquer clima e escala. Eles são derivados dos princípios de várias disciplinas: ecologia, conservação de energia, paisagismo e ciência ambiental. Resumidamente são:

a) **localização relativa**: cada elemento (casa, açu-

des, estradas, etc.) é posicionado em relação ao outro, de forma a se auxiliarem mutuamente;

b) cada elemento executa muitas funções: cada elemento no sistema deverá ser escolhido e posicionado de forma a desempenhar o maior número possível de funções;

c) cada função importante é apoiada por muitos elementos: sempre se busca suprir necessidades básicas como água, alimentação, energia e proteção contra o fogo, através de duas ou mais formas;

d) planejamento eficiente do emprego de energia: isso é possibilitado pelo posicionamento de plantas, áreas para animais e estruturas, de acordo com **zonas** (energias internas) e **setores** (energias externas). O planejamento por zonas trata do posicionamento dos elementos, de acordo com a frequência com que os utilizamos ou com a necessidade de visitá-los (áreas que precisam ser visitadas todos os dias são localizadas mais próximo, enquanto locais visitados menos frequentemente são posicionados mais distante). Os setores estão associados às energias que requerem a nossa ação para melhor controlá-los: os elementos do sol, luz, vento, chuva, fogo e fluxos de água, que têm sua origem fora do sistema e por ele transitam;

e) uso preferencial de recursos biológicos, em vez de combustíveis fósseis;

f) reciclagem local de resíduos;

g) policulturas e diversidade de espécies;

h) emprego de bordas e padrões naturais; e

i) consciência de que não existem problemas, mas oportunidades.

A proposta da permacultura contempla uma relação de “harmonia produtiva com a natureza”, de forma que todas as atividades antrópicas sejam desempenhadas sob uma ótica conservacionista. O próprio termo “permacultura”, ao resultar da junção das palavras “permanente” e “cultura”, implica o estabelecimento de concepções que se baseiem em uma relação mais duradoura e equilibrada com o meio socioambiental.

A formulação dos princípios da permacultura é devida a Bill Mollison, um biólogo da Tasmânia que afirmava que é a cooperação, e não a competição, a verdadeira base da vida no planeta.

Exemplos das propostas de permacultura têm ocorrido nos chamados Projetos Ecológicos, alguns deles concebidos a partir de um tripé de considerações: Paisagismo Produtivo, Edificações Autônomas e Infra-estrutura Ecológica. Com o Paisagismo Produtivo, busca-se, além dos usos convencionalmente estabelecidos para o paisagismo, a produção de alimentos isentos de produtos tóxicos. Com as Edificações Autônomas, visa-se assegurar, naturalmente, o conforto térmico e ambiental, reduzindo ou eliminando o uso de sistemas artificiais de ventilação, arrefecimento e aquecimento. Através da Infra-estrutura Ecológica, almeja-se uma maior independência energética, fazendo uso de energia eólica ou solar, além do aproveitamento das águas pluviais e do reúso de águas residuárias. O objetivo é captar os fluxos energéticos naturais do

sol, do vento, da água e dos nutrientes, que constituem a matéria biológica, criando ciclos produtivos no sistema e evitando a ocorrência de efeitos nocivos.

2.9 Estratégias específicas

Paralelamente aos princípios gerais e da diretriz da sustentabilidade, algumas estratégias específicas em relação ao conforto ambiental, ao aproveitamento e ao reuso de recursos orientam quanto à escolha dos materiais e sistemas construtivos e quanto aos aspectos econômicos e sociais.

a) Estratégias para o conforto ambiental

O conforto ambiental é um fator que promove a qualidade da edificação e a conseqüente qualidade de vida do usuário. Sendo assim, o projeto de edificações deve buscar satisfazer às necessidades básicas dos usuários no que concerne ao conforto térmico, lumínico e acústico, que integram o escopo do conforto ambiental.

Segundo Lyle (1994), a edificação é uma mediadora entre o Sol e a Terra. Assim, deve-se projetar uma edificação de forma a controlar o fluxo de energia (calor), para obter conforto térmico no seu interior. Nesse sentido, a estratégia é trabalhar com a forma da edificação, ou seja, modelar a edificação de forma a guiar os fluxos de energia. As estratégias apresentadas a seguir são algumas das condicionantes para a definição da forma das habitações projetadas.

Quanto ao conforto térmico, Lyle (1994) adiciona à forma das edificações os seguintes elementos da envoltória:

- a) isolamento térmico, para manter ou excluir o calor, quando necessário;
- b) superfícies transparentes, para permitir a entrada da radiação solar, quando necessário;
- c) massa térmica, para armazenar calor e liberá-lo, quando necessário;
- d) elementos de sombreamento, para bloquear a entrada de radiação solar pelas superfícies transparentes;
- e) aberturas, para direcionar e controlar os fluxos de ar.

Para conferir níveis de **isolamento térmico** adequado à realidade climática local, é proposta a utilização de:

- a) cobertura vegetal, que, através de uma camada de solo com vegetação, soma os efeitos de um significativo isolamento térmico com os de resfriamento evaporativo, evitando a ocorrência de variações significativas na temperatura da cobertura;
- b) cobertura, com suas superfícies de maior área, voltada para a orientação sul, quando em latitudes intertropicais, ao sul do Equador, de modo a diminuir a densidade da radiação solar incidente; e
- c) chapas metálicas recicladas incorporadas à estrutura do telhado, para desempenhar o papel de barreira à radiação térmica incorporando mais uma camada de ar (isolante) entre o telhado e o forro, o que reduz significativamente a transmissão de calor através da cobertura.

Em termos de **superfícies transparentes**, deve-se localizar a maior área de superfície envidraçada na fachada orientada para o norte, evitar grandes áreas de superfícies transparentes voltadas para o sul, para diminuir as perdas de calor para o exterior no período frio, e investir em esquadrias de boa qualidade, que promovam estanqueidade adequada para a edificação no inverno.

Quanto à **massa térmica**, deve-se buscar a utilização de elementos construtivos com adequada capacidade térmica, que possibilitem, durante o inverno, armazenar calor durante o dia, de modo a reemitir-lo para o interior durante a noite, com o que a temperatura interna da edificação se mantém estável, em torno da temperatura de conforto térmico. Servem como exemplo:

- a) alvenaria de tijolos cerâmicos, de pedra ou terra crua (adobe, taipa de mão, taipa de pilão, etc.);
- b) cobertura vegetal, com uma camada de solo com vegetação;
- c) cobertura plana, com uma lâmina de água em sua superfície, que, em adição à sua capacidade térmica, ofereça uma barreira adicional à passagem de calor, e permita o resfriamento evaporativo da superfície externa; e
- d) piso de alta inércia.

Em termos de **elementos de sombreamento**, para minimizar os ganhos de calor pela edificação durante o verão, propõe-se a utilização de:

- a) árvores frutíferas caducifólias junto à edifica-

ção (fachadas norte e oeste, fundamentalmente), que absorvam e reflitam a radiação solar, proporcionando sombra e ar fresco, criando um microclima abrandado em torno e dentro da edificação;

b) cobertura verde, com plantação de flores e/ou vegetais, ou cobertura plana com água e plantas aquáticas, que interceptem a radiação solar através de suas folhas;

c) pergolado, com vegetação produtiva caducifólia, junto à fachada oeste das edificações, para interceptar a radiação solar durante o verão, permitindo sua incidência sobre a fachada no período de inverno, após a queda das folhas; e

d) brises, beirais alongados ou pergolados com vegetação produtiva caducifólia, junto à fachada norte, acima das superfícies envidraçadas, impedindo a incidência de radiação no verão e permitindo a sua passagem no inverno.

Quanto a aspectos de **ventilação**, visando diminuir as temperaturas no interior da edificação no verão e promover a qualidade do ar interior no inverno, propõem-se:

a) utilização de portinhola móvel nos beirais, e abertura de saída de ar, na parte mais alta da cobertura (cumeeira), para prover ventilação adequada no espaço entre o forro e o telhado durante o período de verão (portinhola aberta). Assim se reduzem as trocas convectivas de calor entre o forro e o telhado, reduzindo, tam-

bém, a emissão de calor radiante em direção ao forro (pela redução da temperatura da telha). Por outro lado, durante o inverno (portinhola fechada), o ar estático constitui uma barreira isolante térmica;

b) orientação das maiores aberturas de ventilação para a direção das brisas predominantes no verão;

c) emprego da ventilação cruzada, através da localização adequada de janelas de frente aos ventos predominantes, viabilizando as trocas de ar no interior da edificação;

d) implantação de abertura na parte superior da parede mais alta, para saída de ar quente do ambiente no período de verão; e

e) utilização de esquadrias que proporcionem ventilação higiênica durante o inverno, como janela de guilhotina, maxim-ar e/ou portas e janelas com bandeira, elemento adicional para aumentar a eficiência da ventilação. A isso se soma a busca de janelas com boa estanqueidade ao ar, de modo a evitar a infiltração de ar durante o período de inverno.

A esses elementos se somam outros, que buscam a qualidade das edificações no que se refere aos confortos lumínico e acústico.

Quanto a aspectos de **iluminação**, sabe-se que a qualidade e a quantidade da luz nos espaços das edificações afetam a sensação de bem-estar do usuário. Nesse sentido, as esquadrias devem ser projetadas para prover iluminação natural adequada,

além de direcionar os fluxos das massas de ar. Integrada à iluminação natural está a iluminação artificial, necessária, principalmente, durante a noite, que deve ser projetada para o mínimo consumo de energia. A partir desses requisitos propõe-se a utilização de:

a) iluminação zenital, que também pode ser compatibilizada à ventilação, retirando o ar quente e induzindo o fluxo convectivo;

b) iluminação direcionada aos espaços de trabalho, minimizando os gastos com a iluminação geral;

c) lâmpadas de alta eficiência (verificar como e onde deverão ser descartadas, se contiverem metais pesados ou outros produtos tóxicos).

Por fim, em termos de **acústica**, deve-se verificar a localização da edificação ou grupo de edificações, e sua suscetibilidade ao ruído, considerando o volume de tráfego existente ou previsto para o local e os locais de possível aglomeração de pessoas. Em determinados casos, é recomendável a implantação de taludes, com dimensionamento adequado, nos limites entre as vias e o assentamento. A busca de esquadrias com boa estanqueidade ao ar contribuirá, adicionalmente, para um bom desempenho acústico das aberturas, já que, simultaneamente, se estará evitando a infiltração de ruídos.

b) Estratégias para o aproveitamento e reúso de recursos em geral

As edificações possuem certos recursos que podem ter funções múltiplas e outros que poderão ser reaproveitados. Visando à sustentabilidade, esses

recursos não podem ser negligenciados. Sendo assim, as seguintes estratégias são propostas:

a) captação e armazenamento da água das chuvas nos telhados, podendo ser utilizada para beber (uma vez convenientemente filtrada) e/ou para abastecer as pias da cozinha e do banheiro, o tanque, o chuveiro e/ou outras necessidades. Vale e Vale (2000) relatam uma experiência na casa por eles projetada e habitada no Reino Unido, na área de Nottingham, onde a captação da água de chuva permitiu o atendimento de todas as necessidades domésticas. Tendo sido analisadas as características físicas e químicas da água incidente sobre o telhado, os resultados atendiam a todos os padrões mínimos para água potável estabelecidos pela World Health Organisation (WHO), exceto pelo aspecto de turbidez. No entanto, em qualquer localidade, para maior segurança quanto ao uso dessa água, é necessário que se façam análises, de preferência periódicas, da qualidade dela;

b) reúso das águas cinzas, provenientes da pia do banheiro e do chuveiro, para descarga do vaso sanitário. Segundo Vale e Vale (2000), um estudo realizado na Alemanha identificou que a quantidade de água utilizada na descarga do vaso sanitário é de 46 litros/pessoa/dia, uma quantidade considerável, que não requer o uso de água potável. A água cinza, excedente ao uso na descarga do vaso sanitário, pode ser utilizada para a irrigação do jardim, lavagem de pisos, etc.;

c) adoção de modelos de bacia sanitária com caixa acoplada, que utiliza menor volume de água, ou modelos duais, para descarga diferenciada de sólidos e de líquidos; e

d) utilização de fogão a lenha para cocção de alimentos, simultaneamente ao aquecimento de água para banho e aquecimento ambiental, além de poder constituir um elemento de enriquecimento na dimensão de percepção anímica do usuário no período de inverno.

c) Estratégias para a definição dos materiais de construção a serem utilizados

Segundo Lyle (1994), através da história da humanidade, o ser humano costumava contar com apenas um ou dois materiais diferentes para construir suas edificações. O homem contemporâneo se diferencia por utilizar uma vasta gama de materiais de construção. Isso torna a escolha desses materiais uma tarefa difícil. Os profissionais selecionam os materiais com base na satisfação de propósitos construtivos e de critérios estéticos. A escolha, por exemplo, entre uma esquadria de alumínio e de madeira considera custos, valor estético, transmissão de radiação solar, taxas de ventilação, durabilidade, estanqueidade, entre outras propriedades. Porém, levando-se em conta o desempenho ambiental desses dois componentes, deve-se ter em mente a reciclabilidade do produto, a renovabilidade da matéria-prima e o conteúdo energético do material, entre outros fatores. O entendimento dos sistemas ecológicos introduz um novo conjunto de critérios para a escolha de materiais, que buscam o apoio em processos naturais e

que consideram os impactos de produção e de uso, tornando ainda mais complexa a seleção deles.

De modo geral, as principais diretrizes a serem perseguidas para uma construção sustentável são, de acordo com o CIB (1999), as seguintes: a) busca de materiais renováveis; b) busca de materiais recicláveis/reutilizáveis; c) facilidade de desmontagem; d) padronização de dimensões; e) baixo conteúdo energético; e f) materiais não tóxicos.

Essas diretrizes devem estar presentes nas diferentes fases da construção, conforme aponta Yuba (2001). Na *fase de projeto*, quando da seleção dos materiais, que deve ser baseada no seu desempenho ambiental, vida útil e conseqüências à saúde, deve-se evitar o uso de substâncias tóxicas, que contaminem o ar interno das edificações, tais como tintas, vernizes, colas, etc., bem como ter cuidados de detalhamento de juntas e montagem, visando à desmontagem. Na *fase de construção e desmontagem*, devem ser usados materiais locais, que possibilitem a sua reutilização, tolerando desmontagem; através da modulação, a facilidade de identificação dos componentes, que permita a remoção seletiva e reciclagem; pela incorporação de materiais reciclados ou reutilizados, tanto quanto possível, baseados em padrões de qualidade para esses materiais, assim como a produção de manuais de uso e manutenção, para edifícios e sistemas. Além disso, em relação aos fabricantes, busca-se incentivar o aumento da responsabilidade dos fabricantes pelos materiais produzidos, incluindo-se etapas que vão desde a extração de matéria-prima até a deposição final, enfatizando-se a importância

da redução da quantidade de material e de conteúdo energético dos produtos, da redução de emissões dos produtos durante o uso e da facilidade de manutenção e reciclabilidade possibilitadas.

A visão apresentada busca abranger todas as possibilidades oferecidas pelo conceito de construção sustentável, porém cada integrante do setor da construção civil enfocará alguns desses aspectos. Entre as possibilidades, as que mais diretamente dizem respeito à indústria de materiais de construção estão relacionadas no quadro abaixo.

DIRETRIZES
Reduzir o consumo de energia no processo de produção; eliminar ou reduzir as emissões aéreas no processo de produção.
Reduzir o consumo de recursos minerais; reduzir a geração de resíduos e perdas no processo.
Conservar as áreas naturais e a biodiversidade.
Prolongar a vida útil das edificações; possibilitar a desconstrução; possibilitar a reciclagem.
Produzir materiais de fácil absorção pela natureza e de baixa toxicidade durante a produção, construção, uso e descarte final.
Usar recursos locais.;
Buscar a geração de novos empregos.
Promover a economia local.

Quadro 1 – Diretrizes para a indústria de materiais de construção, dentro de uma estratégia de edificações sustentáveis (CIB, 1999)

O CIB aponta que uma das vantagens das economias emergentes é a tradição no uso de materiais

sustentáveis e métodos construtivos locais. É citada a necessidade de viabilizar a utilização de materiais locais, naturais, que tenham a capacidade de incorporar mão-de-obra intensiva e que sejam de baixo custo, tais como o adobe, os tijolos e telhas cerâmicas, a

ESTRATÉGIAS
Redução do uso de materiais - mediante a otimização do projeto, a fim de diminuir a quantidade de material necessária para configurar os espaços e o uso eficiente desses materiais, através da simplificação da geometria dos edifícios e da modulação dos componentes da edificação.
Seleção de materiais de construção de baixo impacto ambiental - evitando-se o uso de materiais que gerem poluição na sua fabricação e uso, especificando materiais com baixo conteúdo energético e materiais produzidos a partir de resíduos ou materiais reciclados, reutilizando materiais obtidos de demolição.
Preferência por fabricantes que possuam certificação ambiental.
Maximização da vida útil da edificação - mediante a especificação de materiais duráveis, através de um projeto que permita fácil manutenção e reposição de componentes da edificação menos duráveis.
Projeto flexível, que possa se adaptar a outros usos.
Projetar de acordo com um estilo permanente, evitando estilos "de moda" (arquitetura atemporal).
Buscar projetar edificações saudáveis - mediante a escolha de materiais de fácil limpeza pelo usuário.
Evitar materiais que liberem gases tóxicos, como alguns laminados, tintas, etc.
Evitar materiais que possam ser veículo para a proliferação de microorganismos prejudiciais à saúde humana.

Quadro 2 – Estratégias para o desenvolvimento de projetos de edificações sustentáveis, segundo EBN (1995)

taipa, a madeira de reflorestamento sem tratamento tóxico, o bambu, etc., como alternativas para os materiais de maior conteúdo energético e não renováveis existentes no mercado (YUBA, 2001).

O EBN (1995) apresenta uma série de estratégias que devem ser adotadas no processo de projeto, para atingir o desempenho ambiental de edificações no que diz respeito a materiais de construção, conforme descritas no Quadro 2.

O que antecede conduz às diretrizes gerais listadas no Quadro 3.

DIRETRIZES
Dar preferência aos materiais de construção disponíveis no local onde a edificação será construída.
Dar preferência ao uso de técnicas construtivas que empreguem mão-de-obra local.
Evitar o uso indiscriminado de produtos à base de cimento e os derivados de recursos fósseis, tais como os plásticos em geral.
Evitar o uso de materiais tóxicos para a conservação da edificação.
Buscar utilizar materiais locais, que exijam o mínimo possível de manutenção e reposição e que sejam duráveis.
Dar preferência aos materiais com baixo nível de industrialização (tais como tijolos cerâmicos, madeira, palha, etc.).

Quadro 3 – Diretrizes gerais para edificações sustentáveis quanto aos materiais de construção

A opção pela Análise do Ciclo de Vida (ACV)

A escolha dos materiais de construção e dos sistemas construtivos que irão compor uma edificação é uma das questões de projeto mais importantes para a definição do impacto final da edificação. Para essa escolha, o projetista deve verificar a disponibilidade de dados sobre os impactos gerados pelos materiais. Uma das maneiras adequadas para obter informações sobre tais impactos é através da busca de informações sobre a ACV deles. Tais informações, no entanto, ainda são limitadas, particularmente no Brasil.

A metodologia de análise do ciclo de vida parte do princípio de que todos os estágios da vida de um material geram impactos ambientais e por isso devem ser analisados (LIPPIATT, 1998). As análises abordam o processo de obtenção da matéria-prima, a manufatura, o transporte, entre todos os locais onde se desenvolvam as diversas etapas da cadeia de produção, até o local de seu emprego, a montagem ou instalação na obra, a operação e manutenção na edificação, o potencial de reciclagem e a destinação final do material, ao fim de sua vida útil (LIPPIATT, 1998).

Em relação à **fase de obtenção** da matéria-prima, é necessário analisar a renovabilidade desta, sendo o ideal a utilização de produtos passíveis de renovação, a uma taxa compatível com a de produção e extração (LYLE, 1994). Devem ser consideradas, também, as emissões aéreas (poeiras, gases) e as emissões líquidas para cursos d'água, relacionadas a essa fase, bem como a energia consumida na produção. Esses três aspectos configuram, também, os principais impactos a serem analisados nas **fases de**

manufatura e de **montagem ou instalação**, que podem incrementar os gastos energéticos relativos ao transporte, do local de extração ao local de fabricação, e entre este e o local de montagem. Possíveis processos insalubres ou de exposição a substâncias tóxicas, ou geradores de insegurança aos trabalhadores envolvidos, devem ser evitados.

Os impactos ligados à **fase de uso** são decorrentes da necessidade de substituição freqüente dos componentes, ao longo da vida útil da edificação e de sua necessidade de manutenção. Quanto às trocas freqüentes, elas acarretarão um desgaste econômico e um consumo de novos materiais, que resultam de processos de extração e de manufatura. No que se refere à **manutenção**, além do desgaste econômico, deve-se analisar o impacto gerado pelos elementos utilizados nesse processo.

Em relação ao **destino** dos materiais de construção, deve-se considerar o potencial de reutilização deles (Figura 8), bem como o de reciclagem. A opção de reutilização direta do material é a que, em geral, determina menor necessidade de *input* energético. Para essa reutilização é necessário que o projetista, já na fase de projeto, se preocupe com os tipos de elementos de fixação a serem utilizados, de forma a facilitar o desmonte. Um exemplo disso é a opção por um traço de argamassa para assentamento de tijolos que seja adequado a uma futura separação das peças, sem maiores danos a elas.

Os processos de **reciclagem** oferecem o benefício do reaproveitamento da matéria-prima. Todavia, as suas demandas energéticas (energia requerida e

resíduos gerados para a reciclagem e transporte) devem ser consideradas, para verificar os reais impactos relacionados a esses processos. Devem ser considerados, também, quais os produtos que deverão ser adicionados para a obtenção do mesmo produto ou de um novo. Muitas vezes, esses podem ser de grande impacto à saúde e ao ambiente. Um exemplo disso é a produção de alguns tipos de painéis com resíduos de madeira, para os quais os aglomerantes utilizados (contendo formaldeído) ou produtos de preservação (CCA, por exemplo) podem ser tóxicos.



Figura 8 – A Choupana, no Refúgio Biológico Bela Vista (projetada para enfatizar a estratégia e as possibilidades de reúso de resíduos de construção)
Foto do autor.

Quanto à **destinação final** dos materiais, o ideal é que os resíduos sejam sempre reincorporados na produção de novos materiais e edificações. Deve ser evitado o uso de produtos que, por sua toxicidade, sejam de difícil reaproveitamento, determinando descartes clandestinos ou que demandem a criação de aterros de entulhos.

d) Estratégias para o gerenciamento das águas

É importante reconhecer que qualquer intervenção nas redes de fluxos de matéria e energia da natureza alterará, muitas vezes para sempre, determinado meio ambiente. Segundo Lyle (1997), a ordem desse novo ecossistema – sua estrutura, função e distribuição espacial de atividades – determina os seus efeitos, tanto em termos de uso de recursos como de qualidade ambiental. Assim, também, os padrões de comportamento da comunidade que ele abriga passam a integrar o complexo de relações que são estabelecidas com o ambiente maior, ou seja, o ser humano molda a paisagem e, então, esta molda o ser humano.

A água é o “elemento essencial na estrutura de todos os ecossistemas” (LYLE, 1997), uma vez que todos os organismos vivos dela necessitam. É necessário buscar soluções adequadas, dentro do contexto de uso racional da água, em diferentes tipos de edifícios com vocações distintas, criando soluções que contemplem tanto padrões de recuperação e utilização eficiente de recursos limitados como a funcionalidade e a aplicabilidade de processos sustentáveis, que não comprometam o bom desempenho das instalações e as necessidades de seus usuários.

Segundo Bau (1991 apud SOARES; SOARES; PORTO, 1997), a utilização da água é mais eficiente quando contempla ações tais como recorrer ao uso de água de menor qualidade, para preservar aquela de boa qualidade; captar água da chuva em recipientes ou cisternas para usos domésticos; reduzir a demanda, por meio de hábitos pessoais mais adequados; redu-

zir desperdícios e despesas com pagamento de tarifas; aproveitar tecnologias e técnicas mais aprimoradas de abastecimento de água; coordenar o manuseio dos recursos hídricos com os da terra, considerando também os aspectos econômicos e sociais; e estabelecer e cumprir normas e regulamentos para a utilização dos recursos hídricos. Portanto, utilizar a água com eficiência requer conscientização e atitude, objetivando maximizar os benefícios ecológicos, sociais e econômicos com relação à qualidade de vida.

e) Estratégias para a gestão de resíduos domiciliares

Os resíduos são encarados de forma diferenciada daquela usualmente adotada. Habitualmente, os resíduos são definidos como materiais sem valor, que devem ser jogados fora após o uso. Esse tipo de comportamento e conceito foi criado pelo homem, já que a natureza processa os resíduos de forma cíclica, sempre devolvendo para o sistema os resíduos que vier a produzir (LYLE, 1994).

Via de regra, os resíduos devem ser vistos como recursos valiosos, que ainda contêm um considerável conteúdo de nutrientes e que, por tal razão, devem ser reutilizados. Portanto, deve-se procurar imitar a natureza e pensar que os resíduos são recursos ainda não aproveitados (LYLE, 1994).

Obviamente, alguns tipos de resíduos não se enquadram no que foi antes mencionado e, por isso, precisam ser tratados e descartados adequadamente, a fim de se evitarem contaminações, como no caso do lixo hospitalar ou do lixo tóxico industrial, entre outros.

O tratamento de resíduos em edificações sustentáveis deve seguir alguns princípios básicos, tais como aproveitá-los ao máximo, tratá-los de forma descentralizada, localmente e em pequena escala, e separar os diversos tipos de resíduos.

Para cada tipo de resíduo é preciso utilizar estratégias distintas. Em determinado conjunto habitacional, por exemplo, podemos prever que todas as edificações tenham recipientes para coleta seletiva do lixo; no mínimo, com dois recipientes, um para o lixo facilmente biodegradável e outro para o lixo não facilmente biodegradável. A coleta seletiva poderá ser mais criteriosa em alguns locais, onde é possível instalar mais recipientes para os diferentes **resíduos não facilmente biodegradáveis**, tais como vidros, metais e plásticos. Resíduos contando com uma segregação dessa natureza poderão ser comercializados e, assim, gerar renda para a associação de moradores da comunidade.

O **resíduo orgânico**, facilmente biodegradável, coletado nos recipientes, pode passar pelo processo da compostagem, em conjunto com papéis, folhas, galhos, troncos, palhas e outros restos vegetais, que às vezes estão disponíveis em jardins e adjacências das edificações. O composto gerado poderá ser incorporado ao solo, como um complemento muito valioso, que poderá ser utilizado em hortas individuais, coletivas ou no próprio paisagismo do local.

As **águas residuárias** das edificações poderão ser separadas em águas cinzas e águas negras. As águas cinzas são aquelas provenientes de pias, tanques, lavatórios e chuveiros, enquanto as águas negras são oriundas exclusivamente dos vasos sanitários.

O tratamento primário das **águas cinzas** poderá ser feito por uma caixa de gordura e por um filtro de areia, no caso das águas que vêm das pias de cozinha, ou por uma caixa de decantação e por um filtro, para as outras águas. Após esse tratamento básico, as águas cinzas poderão passar por um tratamento complementar, que buscará aproveitar as riquezas ainda contidas nessas águas.

As **águas negras**, por sua vez, deverão passar por um digestor, ou fossa séptica, seguido por um filtro anaeróbio (com brita e areia, por exemplo), antes de sofrerem o tratamento complementar. No digestor ocorre a separação da matéria sólida dessas águas, e em ambos (digestor e filtro) a ação de bactérias anaeróbias. O filtro também pode ser composto de agregados de dimensões médias, do tipo brita, ou mesmo de blocos vazados cerâmicos, em ambos os casos criando um *habitat* propício para a ação e o desenvolvimento das bactérias que agem sobre a matéria orgânica.

Os tratamentos complementares para as águas residuárias serão, preferencialmente, biológicos e voltados à produção, ou seja, buscarão evitar a utilização de equipamentos mecânicos. Tais tratamentos visam produzir biomassa, a qual se utiliza dos nutrientes que ainda estão presentes nessas águas. Alguns exemplos de tais tratamentos complementares são banhados, leitos de evapotranspiração ou valas com plantas aquáticas. As águas resultantes desses tratamentos poderão ser enviadas para um reservatório (ou lago). Em determinados casos, inclusive, tais águas, já em processo avançado de tratamento, poderão ser utilizadas para a criação de peixes, ou poderão ser utilizadas para irrigar jardins ou hortas.

Além disso, existe uma alternativa viável aos vasos sanitários tradicionais, os quais utilizam água, que é o **banheiro compostável**, também chamado de **banheiro seco**. O banheiro compostável não consome água, não polui e reutiliza toda a matéria depositada. Mas é importante, mesmo onde não haja barreiras culturais ao seu uso, que a sua utilização ocorra apenas em locais onde as pessoas que dele farão uso diário (como já vem ocorrendo, há muitos anos, em parte da Europa, especialmente nos países escandinavos, e nos Estados Unidos) estejam conscientes de seu processo de operação e das necessidades de manejo, para que não haja comprometimento à saúde.

f) Estratégias para o paisagismo

Para o enriquecimento das características de sustentabilidade das edificações e comunidades, recomenda-se, a título de orientação, a incorporação ao projeto dos seguintes aspectos relacionados ao paisagismo: a) a integração da vegetação às edificações, visando ao incremento das condições de conforto térmico oferecidas; e b) quando oportuno, ou necessário, a adoção de um paisagismo de cunho pedagógico.

Paisagismo para o conforto térmico das edificações

Diante da resposta da vegetação diante dos elementos climáticos, ela pode ser utilizada como um importante recurso para melhorar o desempenho térmico das edificações. De acordo com Rivero (1986), em climas quentes, os vegetais se convertem em excelentes condicionadores térmicos. Ao receberem os raios solares, as folhas, como qualquer corpo,

absorvem, refletem e transmitem a energia incidente. A interceptação e a absorção de energia solar pelas folhas são bastante altas (em certas espécies podem superar os 90%), sendo apenas uma pequena parte refletida e uma parte ainda menor transmitida, e todas as parcelas sendo dependentes da espécie vegetal, da época do ano, das condições de céu e do horário considerado. Da energia absorvida, uma parte considerável se transforma em energia química potencial, por meio do processo de fotossíntese, e outra, em calor latente, ao se evaporar a água eliminada pela folha, durante um processo denominado de evapotranspiração.

Por esse motivo, o comportamento térmico dos elementos vegetais, em relação à incidência dos raios solares, normalmente é mais benéfico para o desempenho térmico das edificações que o dos elementos inertes, como as superfícies pavimentadas, por exemplo. Estudos comprovam que uma superfície revestida com grama, exposta ao sol, apresenta temperaturas consideravelmente inferiores àquelas apresentadas por superfícies revestidas com materiais tradicionais de construção (como um passeio revestido com pedra, por exemplo), à sombra.

A vegetação pode, ainda, ser utilizada para interceptar os raios solares que incidem diretamente sobre as paredes da edificação, produzindo sombra sobre essas fachadas e diminuindo, assim, os ganhos térmicos e o conseqüente aquecimento no interior delas. A utilização de vegetação disposta adequadamente em relação à edificação pode ser, portanto, uma alternativa importante e barata para se melhorarem as condições térmicas nas edificações nos períodos mais quentes do ano.

Paisagismo no sombreamento de fachadas

O projeto paisagístico pode utilizar espécies arbóreas de médio e grande portes, no entorno das edificações, de forma a obter o sombreamento das paredes mais expostas à incidência direta dos raios solares durante os meses mais quentes do ano.

O posicionamento das árvores deve ser cuidadosamente determinado, a fim de garantir a projeção de sombra nas paredes anteriormente referidas nas horas mais quentes do dia. Para climas subtropicais, como o de Porto Alegre, as espécies selecionadas para esse fim devem apresentar hábito decidual, a fim de permitir a passagem dos raios solares nos meses de inverno, quando é desejável o ganho de calor no interior das edificações. As espécies selecionadas devem, ainda, ser preferencialmente nativas, locais ou regionais.

Paredes com presença de janelas voltadas para o norte, leste e oeste deverão ser protegidas da exposição direta ao sol por espécies arbustivas ou, ainda, trepadeiras, a fim de reduzir os ganhos de calor nessas áreas durante o verão. Para essa finalidade, a opção deverá ser, também, por espécies decíduas, de modo a permitir ganhos de calor no inverno.

Coberturas verdes

Devido ao comportamento térmico da vegetação, há melhoria considerável do desempenho térmico de uma edificação quando se utilizam coberturas vegetais. Tais coberturas consistem na substituição do telhado convencional por superfícies cobertas por solo, devidamente drenadas, e revestidas com ve-

getação, cujo conjunto funciona como um excelente isolante térmico.

A vegetação a ser implementada sobre as coberturas de edificações deve ser composta de espécies com as seguintes características: ciclo perene, alta rusticidade, resistência à exposição direta ao sol e baixa necessidade de manutenção. Pode-se empregar espécies de porte herbáceo, arbustivo ou ainda trepadeiras, desde que observada a adequação delas às profundidades de solo previstas sobre a laje e à capacidade estrutural desta (conforme definição no projeto estrutural das edificações).



Figura 9 – Cobertura verde no recinto do “Sol e da Lua”, no Refúgio Biológico Bela Vista, em Foz do Iguaçu
Foto cedida pela Central Hidrelétrica de Itaipu, 2002

Paisagismo pedagógico

O paisagismo pode ter, também, a função de educação ambiental. Em alguns locais, principalmente naqueles destinados à visita pública (SATTLER et al., 2003), é possível preservar a flora regional, bem como proporcionar a observação e a identificação

das diversas espécies. Os projetistas poderão estimular as dimensões sensoriais, cognitivas e anímicas humanas, através do emprego de formas orgânicas alternativas à convencional disposição linear e regular, de forma a melhor as integrar à paisagem do entorno. Como contribuição à dimensão cognitiva, as diversas espécies empregadas poderão ser identificadas no local, informando sobre suas características taxonômicas, morfológicas, fenológicas e ecológicas.

Locais para exploração sensorial da vegetação ao longo das trilhas

Em possíveis trilhas que percorram um arboreto, um bosque ou uma área de visitação mais ampla, pode-se estimular a dimensão sensorial humana, explorando o potencial de nossa rica flora. Visa-se, com isso, levar as pessoas a experienciar a natureza de uma maneira mais intensa e completa, sensibilizando não apenas a visão, mas também outros sentidos, como o paladar, o tato, o olfato e a audição.

Esses locais podem estar associados a pontos de parada, dispostos ao longo de trilhas. Em um projeto do qual participou o NORIE, para cada ponto de parada foram priorizadas espécies ou definidas estruturas relacionadas a cada um dos sentidos humanos.

Os pontos de parada foram localizados junto a clareiras existentes ou construídas, onde, de modo geral, foram previstos elementos que proporcionassem bem-estar e descanso, instigando o visitante à exploração do ambiente (através de caminhos sinuosos, passagens, elementos ocultos à visão), sempre buscando explorar o impacto visual possibilitado pelas diversas combinações de vegetação.

Espaço do olfato

Em espaços que priorizem o sentido do olfato, devem existir espécies com propriedades aromáticas de porte arbóreo, arbustivo ou herbáceo. São sugeridas árvores, arbustos e herbáceas com floração perfumada, bem como outras espécies que apresentem folhas perfumadas (tais como ervas aromáticas). Deve-se ter especial cuidado, aqui, para se trabalhar com um escalonamento dos períodos de floração das espécies, de forma que se possa dispor de plantas floridas por um período o mais amplo possível ao longo do ano. Também se deve procurar trabalhar com maciços de vegetação (a fim de potencializar o efeito aromático de cada uma das espécies utilizadas).

Espaço do tato

No espaço em que a prioridade é o tato, os arranjos de vegetação devem ser projetados tendo em vista a exploração tátil dos contrastes de texturas de diferentes tipos de vegetação. Para pessoas por-



Figura 10 – Ponto de parada com vista para o Portinho, no Refúgio Biológico Bela Vista, que busca estimular o sentido da visão
Foto do autor

tadoras de deficiência visual, ter a oportunidade de percorrer um caminho onde possam sentir as propriedades táteis das espécies é muito importante. Ao longo desse caminho, deverão estar dispostas plantas com diferentes texturas de folha, caule, flores e frutos, de maneira a formar arranjos que permitam a leitura de estimulantes contrastes para o tato (que poderão ser ainda mais enriquecidas, se agregadas a plantas com propriedades aromáticas).

Espaço do paladar

Outro espaço importante é aquele destinado à exploração gustativa da vegetação. Nele, deve-se priorizar espécies comestíveis. Como espécies arbóreas, podem ser utilizadas frutíferas nativas, que também atrairão pássaros e outros exemplares da fauna local. Outras espécies comestíveis de porte arbustivo e herbáceo poderão ser empregadas, priorizando, sempre que possível, nativas, espécies de ciclo perene e baixa exigência de manutenção.

g) Estratégias sociais e econômicas

A melhoria da qualidade de vida é também alcançada pelo desenvolvimento social e econômico da população. Nesse sentido propõem-se as seguintes estratégias:

- a) preservar as raízes históricas, culturais e naturais da população;
- b) promover a igualdade social entre as pessoas;
- c) propiciar a acessibilidade universal;
- d) incentivar a participação efetiva e igualitária da população na tomada de decisões;

- e) promover atividades de educação ambiental contínua;
- f) possibilitar a criação de espaços para o desenvolvimento de pequenos negócios familiares junto à unidade habitacional;
- g) usar de modo eficiente os recursos disponíveis localmente;
- h) diminuir, na medida do possível, a área ocupada pela habitação no lote, aproveitando a máxima área dele para a produção local de alimentos;
- i) incentivar a reciclagem local de lixo; e
- j) proporcionar a geração de renda, a partir da comercialização de excedente agrícola e de lixo reciclado.

Por fim, salienta-se que, para uma abordagem sustentável, no caso da **habitação social**, é necessária uma análise criteriosa das características e potencialidades da região onde será implantado o projeto. Entre essas, devem ser considerados:

- a) a cultura, os hábitos da população e a materialização dessas características na arquitetura local;
- b) a disponibilidade de materiais, considerando os impactos relacionados a cada escolha;
- c) o clima local; e
- d) a realidade social e econômica da cidade.

2.10 Síntese das recomendações para projetos mais sustentáveis

Diante da complexidade e novidade do tema

(pelo menos para a atual civilização), considerando que os princípios de sustentabilidade são praticamente desconhecidos pelo setor da indústria da construção no Brasil, constitui um grande desafio a definição de premissas e, ainda maior, a sua aplicação, e a definição dos objetivos a alcançar na produção de edificações mais sustentáveis. Para tanto, não se pode restringir a busca da sustentabilidade apenas às edificações ou comunidades, mas é necessário que se considerem, além do impacto no seu entorno imediato, aqueles mais longínquos, assim como todos os aspectos sociais, econômicos, culturais e políticos envolvidos.

Dentro desse contexto, a busca da sustentabilidade não pode ser dissociada de duas questões, que se colocam como importantes para que tais estratégias avancem: educação e projetos piloto que ilustrem a praticidade e informem sobre a economia (mesmo que não se inclua aí, por ser uma linha de conhecimento com a qual ainda não estamos familiarizados, dada a sua complexidade, a *contabilidade ambiental*) das edificações construídas dentro de tais premissas. Assim, pensa-se ser possível reduzir o enorme degrau existente entre o conhecimento já disponível sobre sustentabilidade e as práticas atualmente aplicadas a edificações. Alguns princípios gerais propostos para o desenvolvimento de novos projetos são sintetizados nos Quadros 4 e 5.

Complementando essas premissas, mais gerais, podem ser estabelecidos objetivos-chave, como os apresentados no quadro a seguir.

PREMISSA

O conceito de sustentabilidade deve orientar o processo de desenvolvimento do projeto.

Uma abordagem holística, sistêmica e interdisciplinar deve ser buscada.

O processo deve considerar, tanto quanto possível, ciclos locais para o fluxo de materiais e energia envolvidos.

O projeto deve tentar refletir os processos que ocorrem na natureza e aplicar seus princípios (*projetar com a natureza*).

Como o ser humano e a sustentabilidade humana constituem o principal objetivo de cada projeto, o uso de produtos que sabidamente apresentam ameaça à saúde humana e ao meio ambiente, em qualquer etapa do ciclo de vida, deve ser impedido ou, se isso não for possível, reduzido.

Como a sustentabilidade humana requer a preservação da natureza, aquilo que se aplica aos humanos deve ser aplicado também às milhares de outras espécies com quem compartilhamos este planeta.

O processo de projeto deverá contemplar as diversas dimensões do ser humano (sensorial, física, espiritual, cognitiva, anímica) e o amplo potencial da arquitetura para a satisfação de todas as suas necessidades.

OBJETIVOS

Minimizar o consumo de energia e materiais e maximizar os elementos contribuintes para uma construção mais saudável.

Promover comprometimento e responsabilidade social, de modo a proporcionar emprego e renda para o maior número de pessoas possível, dentro do contexto das possibilidades econômicas.

Estimular o desenvolvimento e a pesquisa sobre opções de produção que estejam em harmonia com a cultura local e que maximizem a geração de emprego e renda.

Utilizar processos participativos, incluindo clientes e usuários finais, sempre que possível.

Considerar o impacto de todos os produtos utilizados em todo o período de produção e uso. Os conceitos de análise do ciclo de vida e pegada ecológica devem ser familiares aos planejadores.

Ter claro que tanto mais sustentável é a construção, quanto mais for precedida por projetos de arquitetura sustentável, bem como de adequada orientação para todos os que venham a se envolver com o trabalho.

Na seqüência dos objetivos acima, o projeto finalizado deve ser gerenciado por pessoas que compartilhem e entendam os conceitos de sustentabilidade.

52 Quadro 4 – Premissas conceituais de projetos de edificações sustentáveis

Se analisarmos os impactos ambientais, as restrições impostas às futuras gerações, de todas as espécies, determinados pelas formas “como” vimos substituindo o ambiente natural pelo “ambiente construído” ao longo dos dois últimos séculos (que não difere muito da forma como continuamos a construir hoje), constataremos que eles são imensos. Os números estão aí, acessíveis a todos; basta consultar trabalhos como o do CIB (1999). Tais fatos possibilitam, no entanto, uma

Quadro 5 – Objetivos-chave para a proposição de projetos de edificações sustentáveis

oportunidade singular para que, mesmo com intervenções modestas, começemos a reverter tal situação e assim possamos criar uma expectativa de sobrevivência, ou de sobrevida, para a humanidade.

Cabe ressaltar que vários são os atores que podem participar ativamente na materialização de edificações e comunidades mais sustentáveis: clientes,

projetistas, contratantes, produtores e fornecedores de materiais, governo, instituições internacionais, entre outros. É essencial o envolvimento de todos nessa busca. Como afirmam Curwell e Hamilton (1997), “a cidade é uma entidade viva. O impacto ambiental é a soma que resulta de todas as ações individuais da população. [...] É necessário conduzir todos os cidadãos conosco – eles devem estar dispostos a mudar o seu comportamento e aspirações se quisermos ter alguma esperança de nos direcionar para padrões sustentáveis de vida e trabalho”.

Afortunadamente, observa-se um crescente interesse no Brasil por questões relacionadas à sustentabilidade. Embora departamentos específicos da maioria das instituições acadêmicas brasileiras ainda não estejam preparados para cobrir adequadamente os assuntos relacionados a impactos ambientais, iniciativas deveriam ser intensificadas para demonstrar a importância do assunto, assim como para desenvolver o conhecimento junto àqueles que estão, ou logo estarão, contribuindo para a expansão do ambiente construído. Desafios, no entanto, são enormes como o é o próprio país.

Entendemos, ademais, que a apropriação e a adoção de sistemas alternativos de construção e, também, de vida pela sociedade só irão ocorrer a partir de uma nova ótica, uma nova forma de olhar, de compreender, um possível novo mundo, que, inegavelmente, só será durável se regido pelos princípios éticos da sustentabilidade, enquanto expressos por uma estética que incorpore e manifeste visualmente tais princípios.

Muito dificilmente estratégias para edificações mais sustentáveis encontrarão uma receptividade e aplicação imediata. Isso ocorre não apenas no Brasil. O mesmo acontece em qualquer rincão do planeta,

sendo, pois, de extrema importância que tais propostas sejam precedidas ou acompanhadas por uma ampla reeducação, que religue o indivíduo à natureza, assim como por projetos demonstrativos. Projetos arquitetônicos que obedeçam a tais princípios e, principalmente, as obras destes resultantes podem criar essa ligação. Mas, além disso, a arquitetura, entendida como a mais expressiva das artes, podendo, também, integrar todas as formas de arte, poderia ser empregada, em todo o seu potencial, para o despertar para a sustentabilidade.

As edificações sustentáveis, além de todas as suas demais funções, devem ter uma “cara” e um “coração” sustentáveis. Isto é, devem repassar, por meio das formas, dos espaços criados, uma imagem diferenciada, seja com suas coberturas verdes, seja com o emprego de elementos da arquitetura bioclimática, ou com o potencial de sensibilização da arquitetura orgânica, somado às diversas estratégias de gestão energética, das águas e dos resíduos. Mas não só isso. Deve-se aplicar princípios de sustentabilidade mesmo nos sistemas “não visíveis”, ou naqueles visíveis apenas durante o processo de construção. Além disso, precisa-se atingir o coração, ou a alma, ou o espírito, dos usuários, por meio de elementos simbólicos ou de componentes “sensíveis”, como os passíveis de introdução no paisagismo, ou, ainda, de uma forma ainda mais ambiciosa e menos clara às ciências tradicionais, estimular o homem para além de seus órgãos sensoriais. De certo modo, é fundamental manifestar os elementos que tocam mais profundamente o indivíduo, para assim o sensibilizar. Daí o potencial do uso de conceitos como o dos quatro elementos, da arquitetura para todos os sentidos; da utilização da arquitetura como expressão combinada das artes, em toda a sua capacidade de comunicação.

3.1 Antecedentes internacionais

3.2 Antecedentes no Brasil

3.3 Considerações finais

3.

A inspiração por projetos mais sustentáveis

3.1 Antecedentes internacionais

Embora a história do homem sempre tenha sido acompanhada de exemplos de construções em harmonia com o meio ambiente, foi a década dos anos 1970 a que proporcionou o início de uma das mais pródigas fases, propiciando o surgimento de um movimento que aspirava por construções dessa natureza. Os princípios são mais ou menos os tradicionais, presentes ao longo da história, mas, a partir da década de 90, eles passaram a receber a denominação de projetos sustentáveis ou mais sustentáveis. Também se observa que nem todas as iniciativas buscavam enfatizar todas as dimensões da sustentabilidade, como hoje se aspira. Mas, definitivamente, viu-se florescer, nos anos 70, em diversas regiões do planeta, uma série de propostas, tanto na escala da edificação quanto do conjunto de casas, que entendemos como uma referência inicial para o desenvolvimento dos projetos mais sustentáveis.

Assim, são dos anos 70, entre outros:

a) as obras de Christopher Alexander e sua equipe, da Universidade de Berkeley, na Califórnia, particular-

mente a sua trilogia, *A Pattern Language*, *The Oregon Experiment* e *A Timeless Way of Building*, tão rica em princípios embaixadores de propostas de sustentabilidade, contemplada praticamente em todas as suas dimensões;

b) a permacultura, criada por Bill Mollison, a partir da Tasmânia. Originalmente voltada com mais ênfase para a área de produção de alimentos, foi ampliada, orientando a concepção de construções e de áreas urbanas;

c) a concepção e construção de *Village Homes*, por Michael e Judy Corbett, também na Califórnia. Ainda hoje esse conjunto de residências constitui uma referência ímpar para orientar a concepção de assentamentos humanos;

d) o movimento de *Co-housing*, com origem na Dinamarca. Com forte ênfase na dimensão social da sustentabilidade, tem mostrado outras dimensões altamente desenvolvidas, em diversos projetos já implementados, tanto na Europa como nos Estados Unidos; e

e) os princípios para a *Autonomous House*, de Robert e Brenda Vale, a partir de Cambridge, na Inglaterra, incorporando à edificação os princípios de sustentabilidade ambiental e de auto-sustentabilidade.

3.2 Antecedentes no Brasil

Entre as principais iniciativas de que se tem notícia, no Brasil consta a proposta divulgada em 1981, durante o Encontro Latino-Americano sobre

Edificações de Interesse Social, realizado no IPT, em São Paulo, de um pequeno conjunto habitacional, para a cidade de Caçapava, no interior do estado de São Paulo.

A iniciativa foi da empresa *Sanfonas Industriais Ltda.*, na época sediada em São José dos Campos, que pretendia transferir as suas instalações industriais para a cidade de Caçapava e que propunha oferecer aos seus funcionários de menos recursos uma alternativa mais sustentável de *habitat* para suas famílias. O terreno era constituído de uma faixa estreita de terra (170 m x 54 m), situada a, aproximadamente, 3 km do centro de Caçapava, uma pequena cidade dita em expansão, que, à época, tinha uma população de aproximadamente 30.000 habitantes.

Com essa intenção, a empresa contratou os arquitetos e urbanistas alemães Declan e Margrit Kennedy, com grande interesse em projetos ecológicos, para o desenvolvimento da proposta arquitetônica para as casas e urbanística, para um conjunto de 11 moradias, que estaria localizado em terreno adjacente à indústria. Esses profissionais convidariam, então, Bill Mollison, criador da permacultura, a participar como consultor, para a integração de sistemas de jardinagem auto-suficientes ao projeto.

No projeto Caçapava, com relação à água, os projetistas propunham usar, principalmente, a água da chuva, coletada dos telhados da fábrica e das casas. Estimavam a coleta na fábrica em 1.500.000 litros por ano. Tanques d'água poderiam suprir as seis primeiras casas, os chuveiros e vasos sanitários da fábrica.

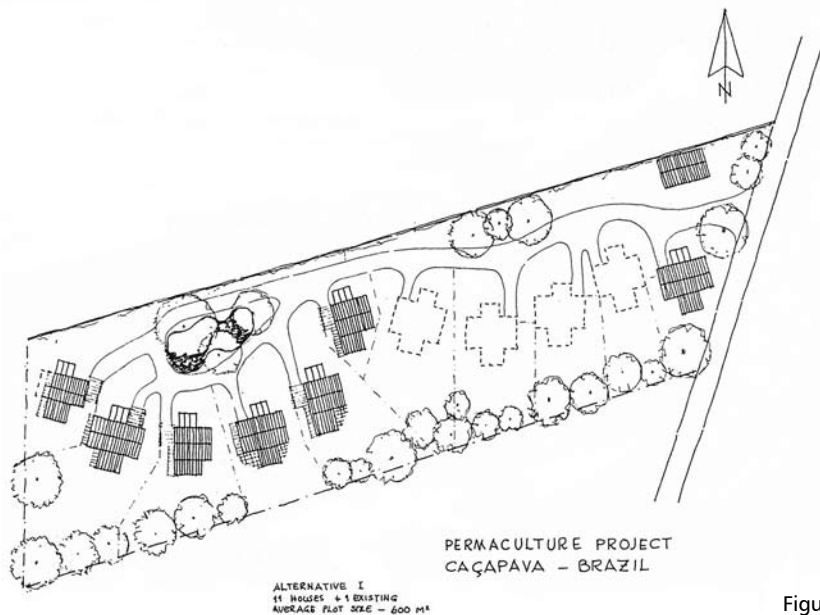


Figura 11 – Implantação das casas no lote

Dois banheiros secos (utilizando processos de compostagem aeróbia) e quatro tanques sépticos produziram húmus como fertilizante, biogás para cocção e águas cinzas para irrigação das plantas. Um aquecedor solar de água e uma turbina eólica, para bombeamento de água, ambos simples, poderiam prover a energia por meio de recursos naturais renováveis, em uma base totalmente descentralizada.

Os métodos construtivos e materiais propunham a utilização de materiais disponíveis localmente e, se possível, materiais biológicos (como tijolos feitos manualmente, para as paredes, madeira e placas de argila ou palha, para o telhado) e sua adequação para futuras expansões, mediante autoajuda ou ajuda mútua. As treliças seriam construídas com bambu.

O projeto previa que todos os resíduos líquidos seriam reciclados para alimentar os jardins produtivos, seja diretamente, como a água do chuveiro e da pia do toalete, ou filtrada, através do tanque séptico, como a água da cozinha, lavanderia (tanque para lavagem de roupas) ou máquina de lavar roupa ou a descarga do vaso sanitário. Assim, também, todos os resíduos sólidos seriam coletados separadamente e reciclados: materiais orgânicos (fertilizantes), madeira e papel (*mulch* ou forno externo), vidro, metais, têxteis e plásticos (dos locais de trabalho ou indústria).

As partes “permaculturais” do projeto habitacional incluíam:

- a) uma área coberta, com uma cozinha externa, áreas de comer e para armazenamento,

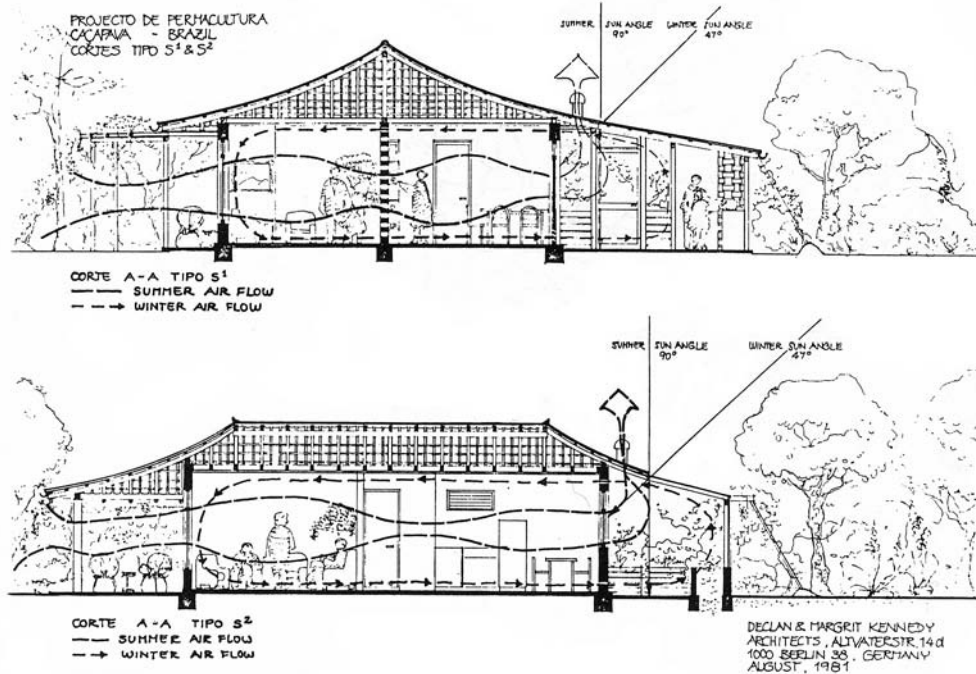


Figura 12 – Secção da casa modelo, com proposta de ventilação

58

com treliças para ambos os lados, que seriam cobertas com parreiras, provendo área de produção de alface e outras plantas, assim como um pequeno poço, com água limpa, para a produção de agrião; e

b) uma estufa para cultivo de ervas especiais e frutas durante o ano.

Ambas as adições proporcionam um sistema permanente de resfriamento, sem consumo de energia, durante o verão, e a estufa, por si só, de todo o

aquecimento necessário durante os meses de inverno, de acordo com as leis naturais da aerodinâmica.

Uma horta doméstica, que, junto com o acima descrito, proporcionaria todos os vegetais e frutas necessários para a família, criando sobras à medida que as árvores amadurecessem; e um pequeno lago comunitário com patos e camarões proveria, junto com galinhas e coelhos criados no pátio, um ganso e porquinhos-da-índia criados na fábrica, as proteínas adicionais necessárias.

A horta foi concebida de modo a:

- a) proporcionar alimentação essencial, alguns óleos comestíveis e, com frutas e vegetais, assim como animais, um alto nível de nutrição;
- b) produzir adubo orgânico, a partir de resíduos das plantas e dos pequenos animais; e
- c) economizar água, através do uso racional de água na horta e jardins, em vez do uso de aspersores e mangueiras.

As hortas e jardins seriam parte integral da casa, sendo construídos, em uma primeira etapa, por meio de trabalho contratado, e passados para as famílias somente após o seu funcionamento, ou dentro de 6 meses.

Estimava-se que uma família que dedicasse um tempo mínimo à horta de 3 horas por semana, para a sua manutenção, deveria ser auto-suficiente em alimentos, mas necessitaria de alguns grãos, que poderiam ser produzidos no terreno adjacente, da fábrica.

3.3 Considerações finais

Pelo que se sabe, o projeto, por razões desconhecidas, nunca chegou a ser implementado. No entanto, segundo o nosso ponto de vista, ele foi de fundamental importância para o desencadeamento das atividades ligadas à sustentabilidade que viriam a ser desenvolvidas pelo NORIE, iniciando-se pelo Concurso Internacional de Idéias, realizado 14 anos mais tarde.

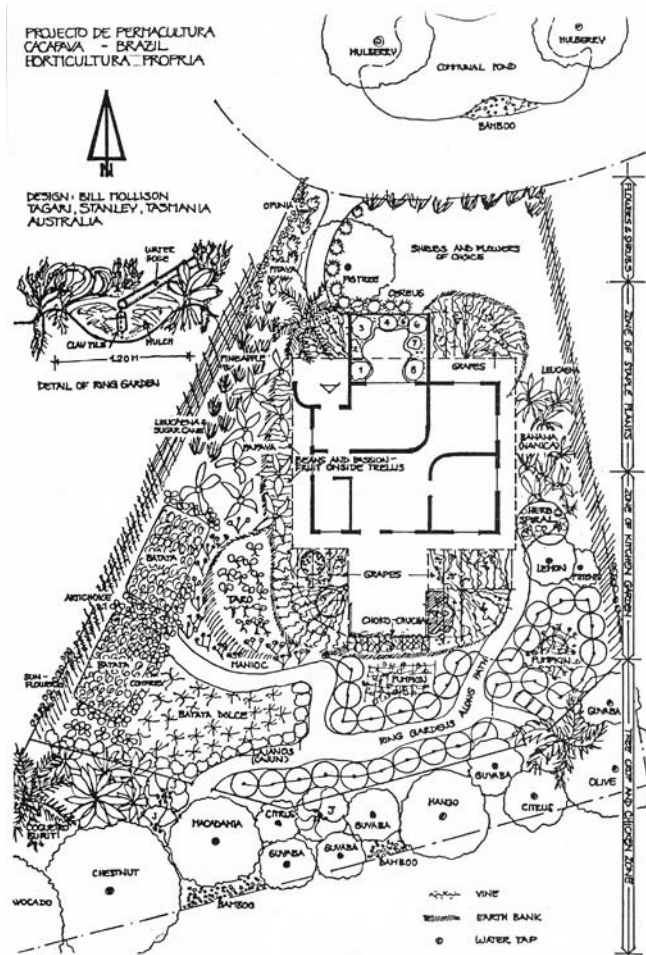


Figura 13 – A horta permacultural em Caçapava, por Bill Molisson

4.1 Introdução

4.2 Trabalhos premiados



AS PRIMEIRAS ATIVIDADES

O Concurso Internacional de Idéias

4.1 Introdução

O Concurso Internacional sobre Idéias de Projeto, tendo por tema *Habitacões Sustentáveis para Populações Carentes*, realizado em 1995, foi conjuntamente promovido pela Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC) e pela *Passive and Low Energy Architecture* (PLEA). O principal objetivo da competição foi o de estimular a apresentação de alternativas de projeto de arquitetura e de planejamento urbano, focadas sobre o tema **habitação de interesse social**, que fossem compatíveis com a realidade brasileira e com os princípios de desenvolvimento sustentável (SATTLER, 1998).

Esse Concurso de Idéias constituiu, então, um desafio a arquitetos e estudantes de arquitetura e áreas afins, no sentido de desenvolver propostas habitacionais alternativas. A competição teve um caráter internacional, sendo encorajada a participação de equipes multidisciplinares.

O tema desse concurso teve por objeto uma pequena comunidade, com possibilidade de localização tanto em área rural como suburbana. Os conjuntos habitacionais que se instigou fossem propostos deveriam

possuir 20 unidades residenciais e um centro socio-educacional para educação diurna de jovens e educação noturna de adultos, provendo, também, opção para outras atividades sociais da comunidade.

O Concurso demandava que cada unidade habitacional possuísse uma horta doméstica suficientemente grande para suprir as demandas alimentares de cada família (frutas, legumes, etc.). Aconselhava, também, a implantação de vegetação que paralelamente contribuísse para a criação de um microclima favorável ao ambiente construído, abrandando as altas temperaturas, características do período de verão, assim como o frio e o vento, típicos do inverno. Alternativas em termos de fontes energéticas, tratamento dos resíduos domésticos e utilização de água também foram encorajadas.

As casas deveriam ser capazes de acomodar uma família de quatro a cinco pessoas, propondo-se uma área mínima de, aproximadamente, 40 m², com possibilidade de expansão futura. Como diretriz geral, que teve por base o custo praticado em Porto Alegre em conjuntos habitacionais tradicionais do início da década de 90, sugeria-se um orçamento de 100 a 150 dólares americanos por metro quadrado para a construção das casas (aí incluídos somente os materiais de construção), o qual deveria ser considerado como referência pelos participantes do Concurso. Foi sugerida a implantação de um centro socioeducacional, com possibilidade de alojar um máximo de 100 crianças/adultos (a população total prevista para a comunidade) em duas salas de aula, conversíveis em uma única grande sala.

As propostas foram encorajadas a prover não só um alojamento para as populações carentes, mas também oportunidades de trabalho para as pessoas, em particular aqueles voltados à produção de alimentos, segundo os princípios de uma agricultura sustentável. À época do lançamento do Concurso, tinha-se em mente implantar a proposta junto a áreas onde, à época, localizavam-se pequenos agricultores ecológicos cooperativados, na zona sul de Porto Alegre. As atividades agrícolas, organizadas em cooperativas de produtores, buscariam a produção ecológica, sem agrotóxicos, de frutas e legumes, para suprir a sua crescente demanda pela população local ou regional.

4.2 Trabalhos premiados

A comissão organizadora do Concurso recebeu ao todo 38 propostas, oriundas de oito países, constituídas de 32 propostas estudentis e de seis propostas encaminhadas por profissionais. O corpo internacional de jurados, composto de nove membros, incluindo arquitetos (7) e engenheiros civis (2), premiou um total de seis trabalhos: três de profissionais e três de estudantes. Os prêmios, de quantias variáveis, foram concedidos com recursos disponibilizados para esse fim específico pela Caixa Econômica Federal. A premiação dos trabalhos vencedores foi anunciada em 7 de julho de 1995, em cerimônia realizada no encerramento do III Encontro Nacional e I Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, realizado na cidade de Gramado, RS.

Segundo o júri, os trabalhos inscritos na categoria profissional variaram entre dois extremos. Por

um lado, alguns demonstraram grande conhecimento nos temas relativos à sustentabilidade, porém sem apresentar a mesma profundidade nos temas relativos ao projeto de implantação da comunidade. Por outro lado, outros apresentaram um ponto forte no projeto arquitetônico, sendo, porém, fracos em aspectos relacionados a desenvolvimento sustentável. Dessa forma, nenhum dos trabalhos atingiu igual sucesso em todos os requisitos da competição. Salienta-se, no entanto, que todos os trabalhos inscritos demonstraram bom conhecimento sobre a forma de considerar os condicionantes climáticos.

A proposta profissional vencedora foi a de autoria do arquiteto Michael Daniel Morrissey, líder de uma equipe de projetos denominada H2OWorkshops, da Austrália (Figuras 14 a 17). Segundo o corpo de jurados, esse trabalho foi o que chegou mais perto de uma abordagem balanceada entre requisitos de sustentabilidade e de um projeto de arquitetura e sua implantação.

Ainda na categoria profissional, o segundo prêmio ficou para a equipe de projetos formada por María J. Leveratto, Francisco Ortiz, John M. Evans, Silvia de Schiller, Analía Fernández, Susana Mazzoli e Susana Eguía, do Centro de Investigación Hábitat y Energía, da Universidade de Buenos Aires, Argentina (Figura 18). Por fim, o terceiro prêmio foi outorgado à equipe de projetos constituída por Otávio Urquiza Chaves, Fernando C. Marques, Isabela M. Coimbra, Luciana Miron, Flávio Paim, Marco A. Backes, Christiane C. Jatahy e Pedro Inda, da ARCOO – Arquitetura e Cooperativismo, Porto Alegre, Brasil (Figura 19).

Já na categoria estudantil, na opinião do júri, os trabalhos apresentaram bons projetos arquitetônicos em termos tradicionais. A maioria dos trabalhos apresentou um bom conhecimento das técnicas de arquitetura bioclimática, sem, contudo, avançar nas apresentações esquemáticas. O júri ficou desapontado com a falta de consideração das questões ecológicas e de sustentabilidade pela maioria dos projetos. Por exemplo, questões como o fluxo de energia, gerenciamento de resíduos, produção de alimentos e reciclagem de água, considerados fundamentais nesse concurso, foram praticamente ignorados.

A proposta estudantil vencedora foi a de autoria de Nigel J. Craddock, na ocasião estudante de pós-graduação da University of Cambridge, Reino Unido (Figuras 20 a 23).

As propostas classificadas em segundo e terceiro lugares foram de autoria estudantes da University of New South Wales, Austrália, respectivamente Paul B. Peng e Jin Wang.

Da análise das propostas apresentadas, a organização do Concurso concluiu que o Concurso Internacional de Idéias indicou diretrizes de projeto, incluindo alternativas tecnológicas, que, compreensivelmente, pela origem dos autores das propostas vencedoras, apesar de ricas, não consideravam as particularidades da realidade local. Era necessária, pois, a adaptação das propostas vencedoras às especificidades dessa realidade, de modo a viabilizar a sua implantação local na forma de um assentamento habitacional sustentável.

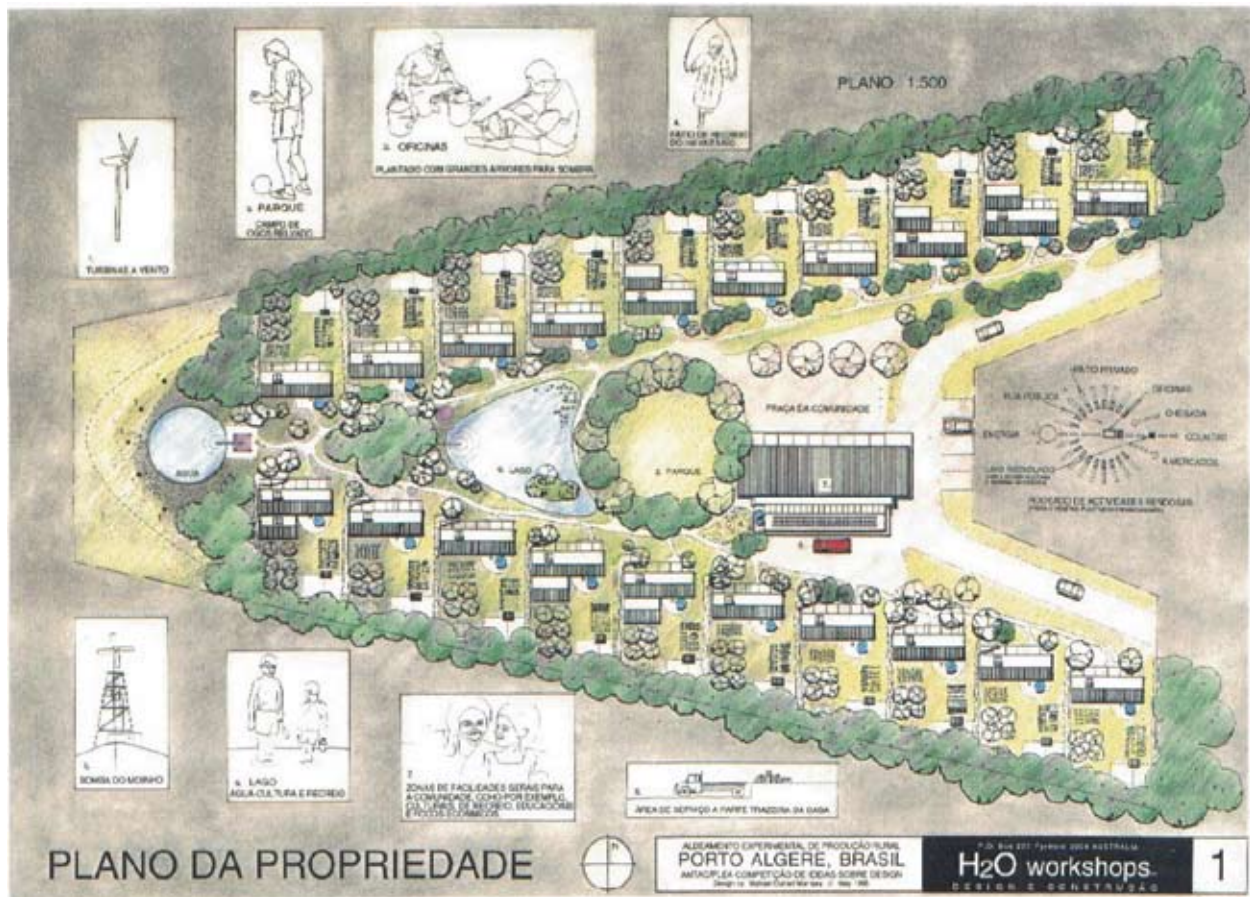


Figura 14 – Prancha 1 (H2O Workshops, Austrália)

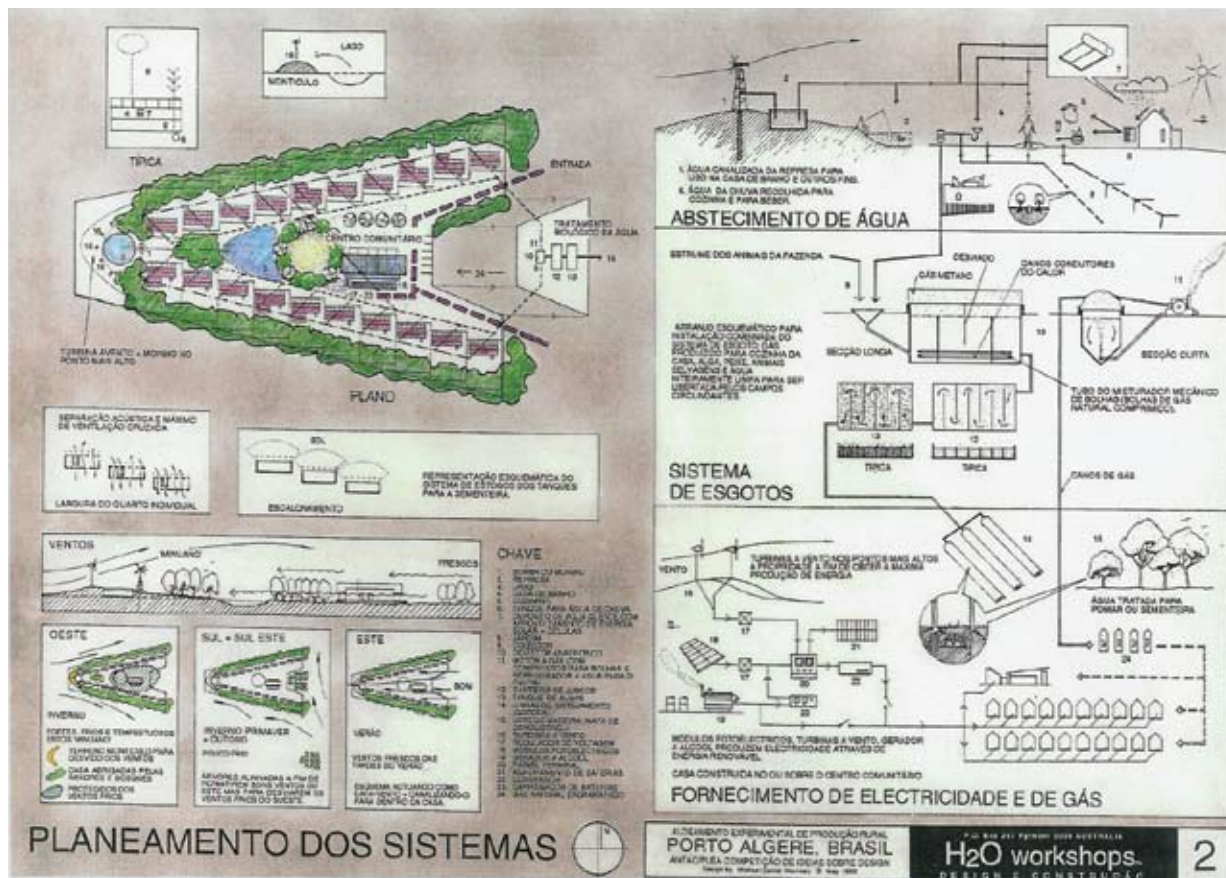
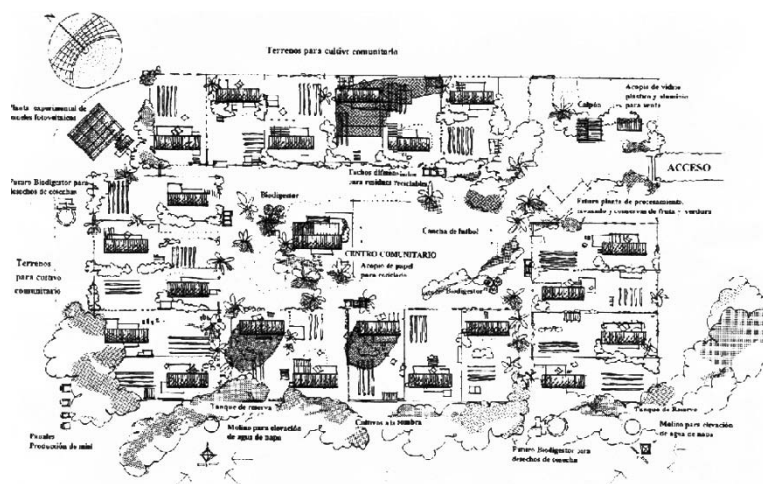


Figura 15 – Prancha 2 (H2O Workshops, Austrália)



CONCURSO DE IDEAS ANTAC/PLEA
HABITACIONES AUTOSUSTENTABLES PARA POBLACIONES CARENTES

Esc. 1:500
Conjunto 2

Figura 18 – Centro de Investigación
Hábitat y Energía, Argentina



Figura 19 – ARCOO – Arquitetura e Cooperativismo, Brasil

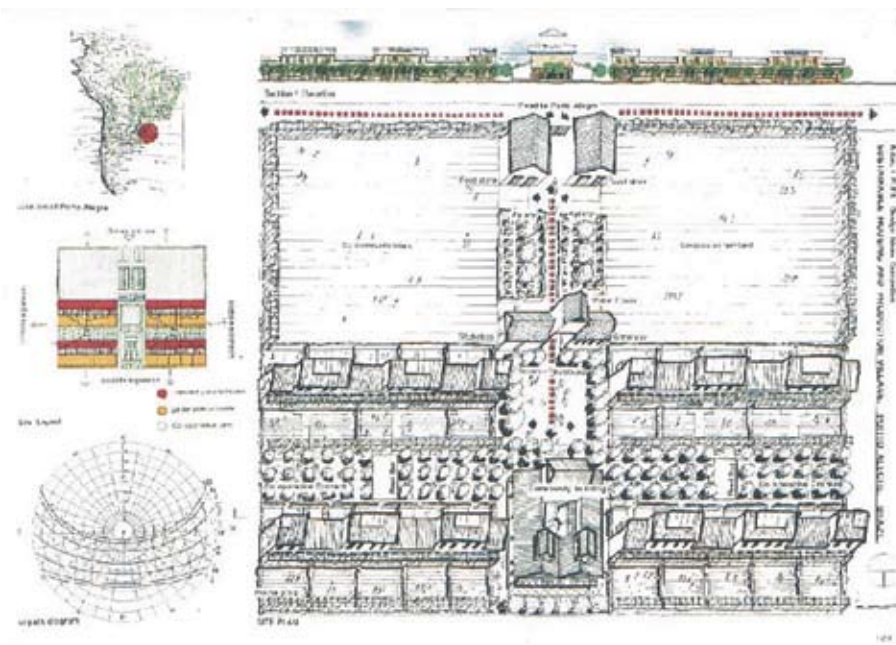


Figura 20 – Nigel J. Craddock, Reino Unido

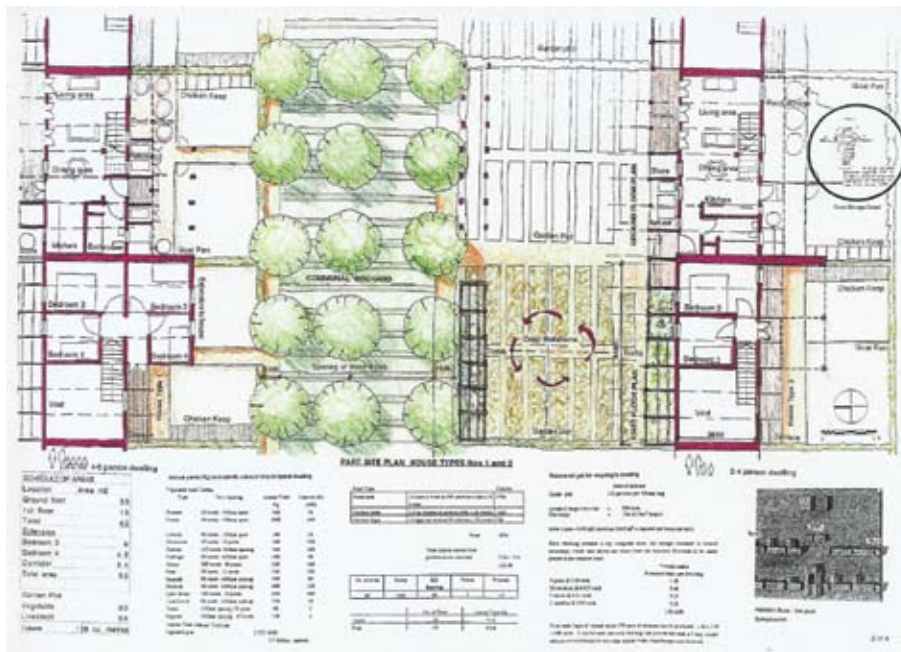


Figura 21 – Nigel J. Craddock, Reino Unido

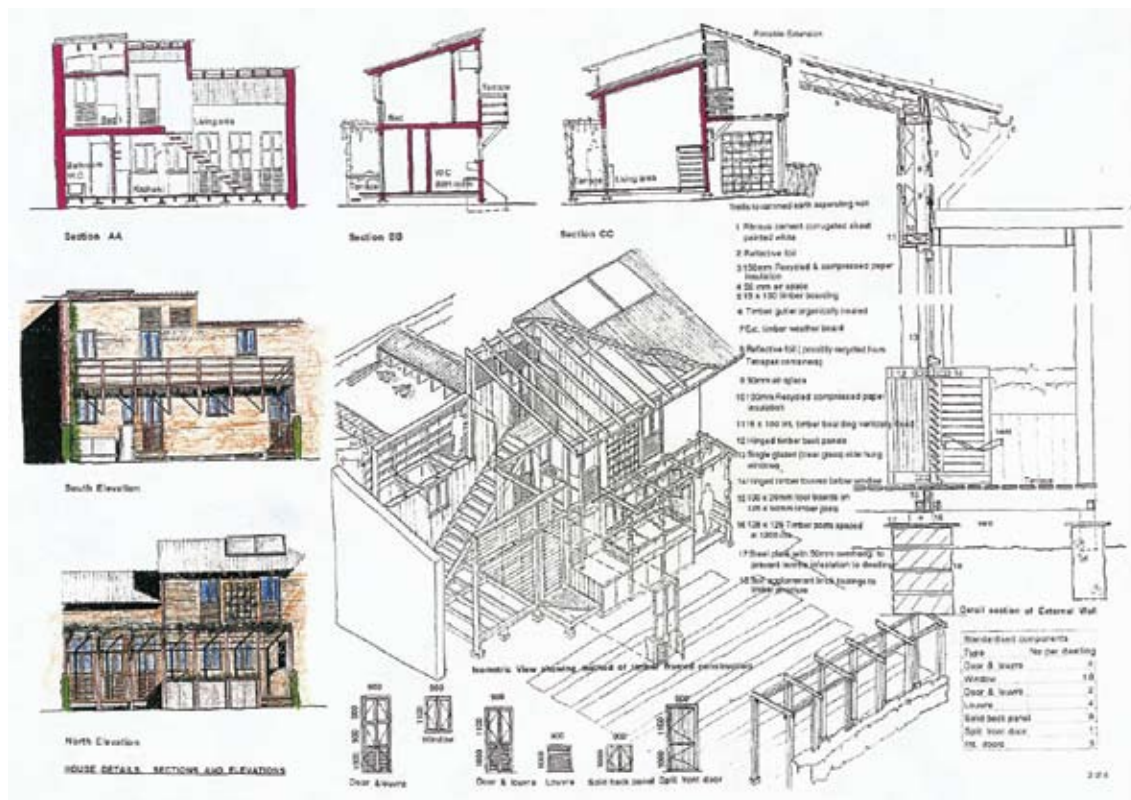


Figura 22 – Nigel J. Craddock, Reino Unido

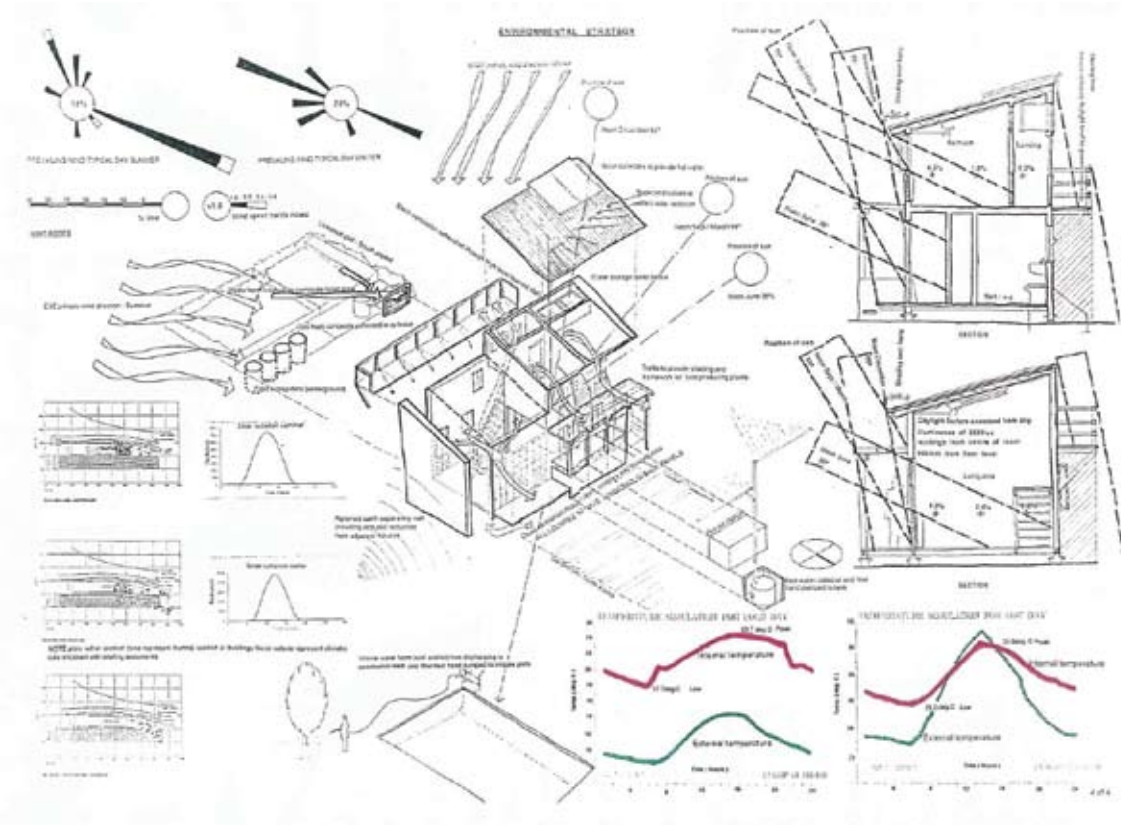


Figura 23 – Nigel J. Craddock, Reino Unido

5.1 Antecedentes e princípios

5.2 O tratamento do lote e seu projeto paisagístico

5.3 O projeto da unidade habitacional

5.4 A busca por padrões otimizados de conforto ambiental
e eficiência energética

5.5 Equipamentos de suporte à otimização do desempenho
das edificações e da gestão de recursos e resíduos

Apêndices

5.

O PROJETO ALVORADA

5.1 Antecedentes e princípios

5.1.1 Introdução

O Projeto Alvorada recebeu essa denominação por ter sido desenvolvido para a municipalidade de Alvorada, localizada na área metropolitana de Porto Alegre, no Estado do Rio Grande do Sul. O objetivo do projeto, conforme consta dos termos do convênio, celebrado em maio de 1999, entre o Município de Alvorada e a Fundação de Apoio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, foi o de desenvolver “estudos e pesquisas sobre materiais ecológicos e de baixo custo para moradias populares no município de Alvorada [...] visando a implantação [...] de um projeto piloto (protótipo de habitação sustentável), que possa ser viabilizado através de Cooperativas Habitacionais, Associações Comunitárias, Prefeitura Municipal e/ou Organizações Não Governamentais vinculadas à habitação popular, para construção de unidades habitacionais”. O projeto, que se desenvolveu de dezembro de 1997 a novembro de 1999, apresentou como produto de maior significância para o NORIE a Casa Alvorada.

O desenvolvimento de um protótipo de uma habitação popular mais sustentável¹ representou, para a equipe do NORIE, não só um desafio para o aprimoramento de soluções técnicas, mas uma oportunidade de aplicar esses conhecimentos em uma realidade específica, como forma de contribuir para com a sociedade.

A habitação sustentável, tal como a entendemos, requer um novo olhar para o projeto e a construção. É essencial um olhar tecnológico, pelo qual se considerem os fluxos de materiais e energia, sob um enfoque de análise de ciclo de vida, que analise desde a forma como se extraem os materiais e a energia da natureza, até a destinação final dos materiais, quando da demolição ou desmonte da edificação, ao final de sua vida útil. Adicionalmente, há que compatibilizar essa preocupação, que poderia ser chamada de tecnológica, com outros enfoques, sociais, econômicos e ambientais, envolvendo, inclusive, a reeducação ambiental, formal e informal, de seus usuários, inserindo-se todo o conjunto de considerações nas assim denominadas **dimensões da sustentabilidade**.

O Projeto Alvorada iniciou-se como um trabalho elaborado tão-somente por professores e alunos bolsistas (SPERB; BONIN; SATTTLER, 1998) da Linha de Pesquisas em Edificações e Comunidades Susten-

táveis, do NORIE, em resposta a uma demanda do município de Alvorada, localizado na área metropolitana de Porto Alegre. Posteriormente, alunos de disciplinas ministradas no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS foram solicitados a aprofundar os estudos. Primeiramente, foram envolvidos os alunos das disciplinas de Desempenho das Edificações e Edificações e Comunidades Sustentáveis (SATTTLER et al., 1999), desenvolvidas no primeiro e no segundo trimestres de 1999, respectivamente.

O Projeto Alvorada contemplou, além do projeto de uma unidade habitacional (Projeto Casa Alvorada), o tratamento do lote, incluindo o seu paisagismo e uma proposta de equipamentos de suporte à otimização do conforto ambiental e de gestão de resíduos, de água e de recursos energéticos. Considerando-se a complexidade dos projetos a serem desenvolvidos, o grupo de alunos optou por compor três equipes, que se responsabilizariam pelos projetos específicos, conforme adiante descrito.

5.1.2 Breve descrição do Município de Alvorada

Alvorada poderia ser caracterizada como uma “cidade-dormitório” de Porto Alegre, tendo uma área territorial de 72,9 km², e, na ocasião do projeto, uma densidade demográfica de 22,2 hab/ha. Continua sendo conhecida por oferecer escassas oportuni-

¹ Mais sustentáveis, porque entendemos que a sustentabilidade requer um processo continuado, que soma ações a serem desenvolvidas ao longo de um tempo indeterminado (caráter progressivo da sustentabilidade), muitas das quais hoje ainda não identificadas, o que deverá evoluir com o aprofundamento do conhecimento da humanidade sobre o impacto de suas ações sobre a natureza, da qual ele é parte integrante.

des de trabalho, principalmente para a população do sexo masculino, que acaba marginalizada.

Em Alvorada, a renda média da população, na ocasião, era muito baixa, ocorrendo um elevado índice de desemprego e um alto déficit habitacional, tanto em termos qualitativos quanto quantitativos. As atividades produtivas locais não eram muito expressivas, constituindo-se de pequenos estabelecimentos comerciais, voltados ao consumo local e comércio de materiais de construção de pequeno porte e vendas a varejo.

Entre os objetivos da Prefeitura de Alvorada, identificados como alinhados com os princípios de sustentabilidade, incluíam-se: qualificação e regularização das atividades construtivas; combate ao déficit habitacional; redução de impactos ambientais; geração de empregos; e elevação da renda média da população.

5.1.2.1 Tipologias habitacionais de Alvorada

Em adição às diretrizes de projeto, que buscou a integração da Casa Alvorada às tipologias e disponibilidade de materiais existentes no Município, foram feitos levantamentos para caracterizar a realidade socioeconômica e a cultura construtiva do local.

Segundo Sperb, Bonin e Sattler (1998), no levantamento das habitações construídas por iniciativas particulares, foram identificados quatro grupos básicos em relação ao nível econômico dos moradores: habitações improvisadas; de baixa renda; de renda média baixa; e de renda média.

Habitações improvisadas

Constataram-se, como características gerais das habitações correspondentes ao nível econômico mais baixo da população, a grande utilização de madeira para vedação das habitações, tanto em paredes quanto em esquadrias, e a utilização de telhas de fibrocimento de 4 mm e lonas plásticas para a cobertura das habitações. Essa categoria se caracteriza como sendo constituída por habitações de caráter provisório ou improvisadas.

Habitações de baixa renda

Nas habitações de baixa renda, observou-se o uso de esquadrias de aço, alumínio e madeira, e o uso de paredes de alvenaria convencional, de blocos cerâmicos ou de madeira. Algumas casas originais em madeira sofreram ampliações em alvenaria convencional de blocos cerâmicos. Os telhados utilizam telhas de fibrocimento, bem como telhas cerâmicas.

Habitações de renda média baixa

Nas habitações de renda média baixa, observaram-se tipologias bem variadas. Neste grupo foram encontrados os mais diversos materiais. Em termos de telhas, foram identificadas tanto telhas cerâmicas quanto telhas de fibrocimento. Nas esquadrias, também se observou a utilização de diversos materiais, como madeira, aço e alumínio. Quanto à vedação de paredes, observou-se o uso de alvenaria convencional bem acabada, em tijolos cerâmicos, assim como de paredes de tábuas de madeira, dispostas no sentido horizontal. Também foram observadas ampliações

de casas originais de madeira com alvenaria convencional de blocos cerâmicos.

Habitações de renda média

Nas habitações de renda média, pode-se notar a predominância de telhas cerâmicas, esquadrias de madeira e paredes de alvenaria convencional.

5.1.2.2 Resultado da análise das tipologias habitacionais

O estudo de Sperb, Bonin e Sattler (1998) concluiu que a introdução de novos materiais e de sistemas construtivos alternativos demandaria muito esforço em estudos de implementação, que poderiam, ademais, não ser aceitos pela população.

Assim, optou-se pela racionalização e pela otimização de um projeto com tecnologia e materiais de construção tradicionais, localmente disponíveis, utilizando o tijolo cerâmico, telhas cerâmicas e madeira para as esquadrias e a estrutura de cobertura, como materiais básicos.

5.1.3 Pressupostos e princípios de projeto

Os materiais disponíveis no município foram avaliados segundo os requisitos de desempenho e de conteúdo energético (energia gasta em sua produção e transporte). Resultaram, assim, os principais pressupostos de projeto da equipe, que foram:

- a) integração da habitação e seu entorno com o ambiente natural;
- b) otimização da capacidade funcional e melhoria das condições do ambiente;

c) compatibilização da proposta com a realidade econômica do município e dos futuros usuários da edificação;

d) integração do projeto com as características do município;

e) utilização de fontes materiais e energéticas renováveis;

f) redução de resíduos; e

g) redução de perdas no processo de construção da habitação.

Princípios de projetos bioclimáticos orientaram a busca da interação entre a habitação, as características físico-geográficas e o clima do local. Nesse sentido, as soluções adotadas buscaram incluir: orientação solar; ventilação cruzada; e sombreamento da edificação. Adicionalmente, foram adotados princípios da permacultura, atentando para a realidade ambiental e utilizando instrumentos como o paisagismo produtivo e a criação de pequenos animais, para a produção local de alimentos; de projetos regenerativos (LYLE, 1994), para orientar a gestão de resíduos (com o uso de leitos de raízes, lagoas com macrófitas e leiras de compostagem); assim como se buscou empregar uma série de ecotécnicas, contemplando a utilização de coletores solares de baixo custo, para aquecimento d'água, coletores de água da chuva, para sua utilização na edificação e na escala do sítio, assim como o uso de materiais localmente disponíveis, buscando-se otimizar a eficiência nos fluxos de materiais e energia de todo o sistema. Ademais, o projeto foi desenvolvido considerando-se a realidade

socioeconômica e a cultura construtiva existente no município de Alvorada, de tal modo que fosse dominada, ou pudesse ser facilmente apreendida, pelos futuros usuários da habitação.

A equipe de projeto buscou, ainda, inspiração em outros pesquisadores e estudiosos do tema de construções sustentáveis, incluindo-se Sachs (1993), que preconiza que uma habitação sustentável deve considerar os seguintes princípios ou estratégias:

- a) ter atenção aos fluxos de materiais e energia, buscando utilizar os recursos específicos de cada região;
- b) compatibilizar as mudanças tecnológicas com os objetivos sociais, econômicos e ecológicos, para satisfazer, primordialmente, as necessidades da comunidade envolvida; e
- c) otimizar as ações empreendidas, buscando, em cada uma delas, a reeducação formal e informal.

5.1.4 Considerações finais

O projeto da Casa Alvorada foi, então, desenvolvido considerando-se a realidade socioeconômico-cultural dos futuros usuários e do município de Alvorada, assim como os recursos locais disponíveis e identificados previamente por Sperb, Bonin e Sattler (1998). Presumindo-se que a população usuária do projeto final desconhecesse os conceitos de sustentabilidade, sobre os quais este trabalho está fundamentado, esta proposta buscou, também, servir como um modelo educacional para informar a outros possíveis demandantes por habitações mais sustentáveis.

As decisões que orientaram a estruturação do programa construtivo do protótipo privilegiaram, na fase de estudo preliminar, a consideração de possibilidades tecnológicas compatíveis com a realidade do local onde se pretendia construir o protótipo, realizada por meio de duas investigações simultâneas:

- a) identificação das condições locais, em relação à disponibilidade e à aceitação de materiais potencialmente utilizáveis na produção das habitações; e
- b) levantamento de alternativas construtivas sustentáveis que contribuíssem para a redução do consumo de materiais e energia, na produção e uso da habitação, e que permitissem a utilização de materiais com ciclos produtivos menos agressivos ao ambiente.

Na fase seguinte do Projeto, objetivou-se não só o desenvolvimento da versão final da unidade habitacional, mas também a sua relação com o entorno, em um lote definido. Esse lote deveria abrigar, além do protótipo da unidade habitacional, as atividades relativas ao Horto Florestal Municipal.

5.2 O Tratamento do lote e seu projeto paisagístico

5.2.1 Introdução

O projeto de paisagismo tratou da área do lote destinado, pela Prefeitura Municipal de Alvorada, à implantação da Casa Alvorada: o Horto Florestal Municipal. A Figura 24 identifica o local escolhido pela Prefeitura de Alvorada para a implantação do Horto.

Esse local se situava em uma parte elevada do município, estando relativamente bem preservado, onde foi possível verificar, à época da visita, a presença de mata nativa terciária. O local reservado ao protótipo se situava à esquerda (e ao fundo) da foto, entre a estrada existente e a mata, à direita, correspondente à extremidade norte do terreno, com uma bela e abrangente visão da cidade.

Considerando a exposição do terreno indicado pela municipalidade para a construção, o seu histórico (anteriormente servira de depósito de resíduos urbanos), a ausência de análises de solo (para fins de produção agrícola) e os recursos escassos disponíveis, a equipe do projeto paisagístico optou por selecionar espécies resistentes a ventos, que possuíssem alta rusticidade e baixo custo, além de exigir pouca manutenção.

5.2.2 O projeto de paisagismo

A intenção do projeto de paisagismo foi a de criar o melhor resultado funcional e plástico possí-

vel, buscando minimizar as despesas de manutenção da vegetação. Os elementos vegetais propostos pelo projeto (Figura 25) desempenhariam, além das funções estéticas e de sombreamento, o importante papel de fornecimento de alimentos. A proposta de paisagismo não tinha a pretensão de esgotar as inúmeras possibilidades de cultivo de vegetação no local, e, sim, ser o ponto de partida para que a administração municipal se apropriasse do local e introduzisse as espécies vegetais que mais lhe conviessem.

Ademais, conforme se pode observar na mesma figura, foram previstas, além de uma unidade básica, mais duas unidades. Isso foi apresentado como uma sugestão, dadas as possibilidades do local, que apresentava disponibilidade de espaço, para definir um pequeno centro demonstrativo de tecnologias habitacionais, onde a municipalidade, com ou sem a colaboração do NORIE, pudesse oferecer à população propostas construtivas e arquitetônicas, distintas em termos de alternativas àquela que lhe seria oferecida pelo NORIE.



Figura 24 – Área onde seria implementado o Horto Florestal Municipal



Figura 25 – Proposta paisagística para a área do Horto Florestal

5.2.2.1 Espécies propostas para o paisagismo

O projeto de paisagismo foi planejado para ser implantado em etapas, a fim de diluir os custos de execução ao longo do tempo, na busca dos resultados desejados. O prazo de implantação foi ajustado ao cronograma da obra e à viabilidade financeira da municipalidade.

Pomar

A sugestão de espécies foi orientada pelas funções previstas para o local. Assim, duas áreas foram definidas: aquela onde se propunha implantar o pomar e cobertura vegetal rasteira, e outra onde seriam plantadas espécies hortícolas, árvores, arbustos e forrações. Visou-se, dessa maneira, otimizar o manejo e os custos correspondentes à implantação da vegeta-

ção. A Figura 26 apresenta um corte do terreno, identificando as espécies propostas para o projeto paisagístico, assim como uma caracterização simplificada da topografia do terreno. À esquerda, observa-se a proposta de localização das unidades prototípicas. As indicações constantes nessa figura, somadas àquelas constantes na Figura 25, possibilitariam a localização de eventuais unidades habitacionais adicionais.

Em toda a área do pomar, o projeto propunha a semeadura de um consórcio de leguminosas e gramíneas. Após o plantio das árvores na área em questão, proceder-se-ia ao plantio da cobertura vegetal rasteira. Essa consorciação garantiria a cobertura do solo de forma permanente, permitindo o pisoteio dos usuários, com baixo custo de implantação e manutenção.

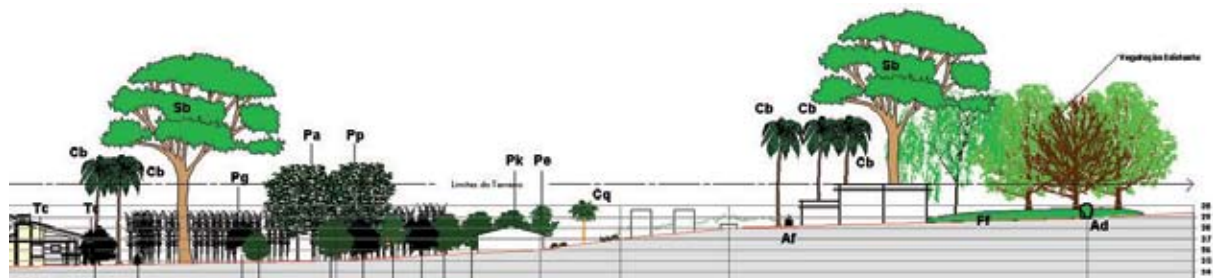


Figura 26 – Indicação das espécies propostas no perfil do terreno

POMAR			
Código	Nome comum - Nome científico	Unidade	Quantidade
Pa	Abacateiro A - <i>Persea americana</i>	un.	2
Pb	Abacateiro B - <i>Persea americana</i>	un	1
Pc	Ameixeira - <i>Prunus domestica</i>	un.	3
Pd	Bananeira - <i>Musa sapientium</i>	un.	15
Pe	Bergamoteira - <i>Citrus reticulata</i>	un.	3
Pf	Caquizeiro - <i>Dispyros kaki</i>	un.	1
Pg	Goiabeira - <i>Psidium guayava</i>	un.	3
Pi	Laranjeira - <i>Citrus sinensis</i>	un.	3
Pj	Limoeiro - <i>Citrus limon</i>	un.	3
Pk	Macieira - <i>Malus domestica</i>	un.	3
Pl	Mamoeiro - <i>Carica papaya</i>	un.	15
Pm	Pitangueira - <i>Eugenia uniflora</i>	un.	2
Pn	Pereira - <i>Pirus communis</i>	un.	2
Po	Pessegueiro - <i>Prunus persica</i>	un.	1
Pq	Amoreira - <i>Morus nigra</i>	un.	1

Quadro 6 – Relação das frutíferas propostas

Plantio de árvores, arbustos e forrações

A proposta foi a de criação de massas de vegetação arbórea e arbustiva. Esses maciços constituiriam árvores perenes e caducifólias, a fim de proporcionar sombra no verão e insolação no inverno.

Propunha-se que, no início da execução da obra arquitetônica, deveria ser observada, sempre que possível, a remoção de terra dos locais onde haveria compactação, danificação ou aterramento. Armazenar-se-ia a terra preta de boa qualidade, para posterior utilização, misturando-a com outros tipos de solo. O projeto aconselhava, também, a pesquisa de fontes de com-

postos orgânicos (incluindo-se resíduos industriais), de preferência aqueles localizados próximo ao local de implantação.

Cada árvore ou arbusto isolado deveria ter, ao seu redor, uma taipa circular, com um diâmetro interno igual à largura da cova, que, nos primeiros anos, teria por finalidade manter as águas de irrigação, assim como de toda e qualquer adubação que viesse a ser realizada. Durante o período inicial, a taipa deveria permanecer livre de vegetação indesejada. Para evitar a brotação de invasoras, ao redor das mudas, e manter a umidade, sugeria-se colocar uma camada de *mulch*².

ÁRVORES DE SOMBRA			
Código	Nome comum - Nome científico	Unidade	Quantidade
Sa	Ipê-amarelo - <i>Tabebuia crhisotricha</i>	un.	2
Sb	Jacarandá-mimoso - <i>Jacaranda mimosaefolia</i>	un.	2
Sc	Sibipiruna - <i>Caesalpineia peltophroides</i>	un.	2
Sd	Tipuana - <i>Tipuana tipu</i>	un.	2
PALMEIRAS			
Ca	Butiá - <i>Butia capitata</i>	un.	3
Cb	Gerivá - <i>Arecastrum romanzoffianum</i>	un.	9

Quadro 7 – Relação das árvores propostas

² Cobertura morta (restos de vegetação, jornais usados, palha, etc.).

ARBUSTOS		
Código	Nome comum - Nome científico	Quantidade
Aa	Azaléa - <i>Azalea indica</i>	10
Ab	Jasmim-manacá - <i>Brunfelsia uniflora</i>	3
Ac	Lantana - <i>Lantana camara</i>	24
Ad	Mimo-de-vênus - <i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	100
Ae	Bambu, taquara - <i>Phillostachys aurea</i>	25
Af	Ave-do-paraíso - <i>Strelizae reginae</i>	6

Quadro 8 – Relação de arbustos propostos

TREPADEIRAS		
Código	Nome comum - Nome científico	Quantidade
Ta	Maracujá - <i>Passiflora alata</i>	15
Tb	Quiuí - <i>Actinidia chinensis</i>	15
Tc	Uva - <i>Vitis spp.</i>	25
Td	Vagem - <i>Phaseolus vulgaris</i>	30

Quadro 9 – Relação das trepadeiras propostas

FORRAÇÕES		
Código	Nome comum - Nome científico	Quantidade
Fa	Azevém - <i>Lolium multiflorum</i>	180 m ²
Fb	Ervilhaca, vica - <i>Vicia sativa</i>	270 m ²
Fc	Lírio-amarelo - <i>Hemerocallis flava</i>	400 mudas
Fd	Copo-de-leite - <i>Zantedeschia aethiophica</i>	300 mudas
Fe	Lírio-do-brejo - <i>Hedichium spp.</i>	300 mudas
Ff	Vedélia - <i>Wedelia paludosa</i>	3.300 mudas
GRAMA		
Ga	Grama-de-campo - <i>Cynodon sp.</i>	800 m ²

Quadro 10 – Relação das forrações propostas

Sugeriria-se que, depois de concluídos os serviços de preparo do terreno, este recebesse uma cobertura de leivas, rolos de grama ou mudas. Propunha-se a espécie de grama *Axonopus sp.*, grama-sempre-verde, ou *Cynodon sp.*, grama-de-campo.

5.2.2.2 Sistemas permaculturais³

Horta-mandala

A seleção das plantas para a horta permacultural, também conhecida como horta-mandala, visava suprir um exemplo de horta propiciadora de uma dieta saudável aos futuros usuários da edificação e foi orientada pela busca de um cardápio básico e

variado, com espécies hortícolas de fácil cultivo e resistentes. A distribuição das mudas nos canteiros deveria localizar, nas margens dos caminhos, as ervas culinárias e medicinais, pois são continuamente podadas para o uso e devem estar em acesso próximo e direto para o usuário. O projeto sugeria uma linha de hortaliças a ser plantada em faixas estreitas, incluindo todas aquelas verduras que requerem colheita constante. Em primeiro lugar, nas bordas dos caminhos: as alfaces, brócolis, pimentões, couves, cebolas e espinafre; seguidos de beringelas, tomates, quiabos, pimentas, cenouras e feijões. Uma proposta de horta-mandala é apresentada na Figura 27.

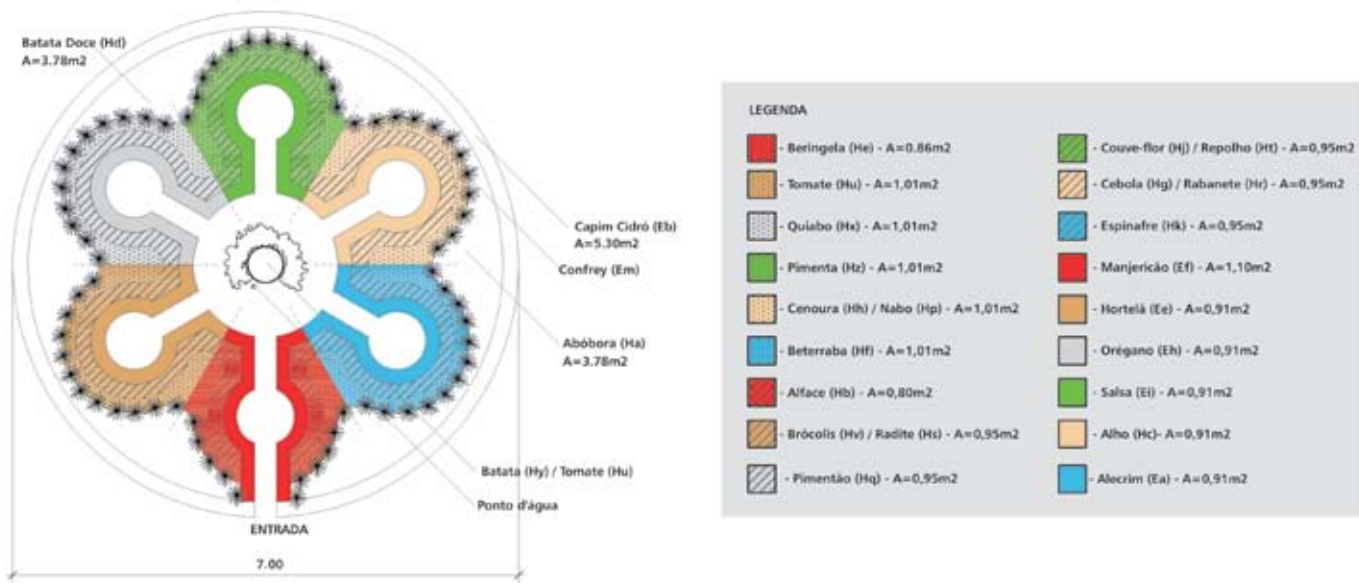


Figura 27 – Caracterização da horta-mandala

³ A "permacultura" é um sistema de planejamento para a criação de ambientes humanos que têm a resiliência e a estabilidade dos ecossistemas naturais, que são ecologicamente viáveis, suprem suas próprias necessidades, não exploram ou poluem e são sustentáveis em longo prazo (MOLLISON, 1998).

HORTA		
Código	Nome comum - Nome científico	Quantidade
Há	Abóbora - <i>Cucurbita moschata</i>	70
Hb	Alface - <i>Lactuca sativa</i>	50
Hc	Alho - <i>Allium sativum L.</i>	80
Hd	Batata-doce - <i>Ipomea batatas</i>	80
He	Beringela - <i>Solanum melongena</i>	7
Hf	Beterraba - <i>Beta vulgaris</i>	50
Hg	Cebola - <i>Allium cepa</i>	25
Hh	Cenoura - <i>Daucus carota</i>	50
Hi	Chuchu - <i>Sechium edule</i>	15
Hj	Couve - <i>Brassica oleracea var. acephala</i>	20
Hk	Espinafre - <i>Spinacia oleracea</i>	40
Hl	Fórmio - <i>Phormium tenax</i>	3
Hm	Girassol - <i>Helianthus sp.</i>	30
Hn	Melancia - <i>Citrillus vulgaris</i>	40
Ho	Milho - <i>Zea mays</i>	30
Hp	Nabo - <i>Brassica napus</i>	30
Hq	Pimentão - <i>Capsicum annuum</i>	10
Hr	Rabanete - <i>Raphanus sativus</i>	30
Hs	Radite - <i>Eruca sativa</i>	20
Ht	Repolho - <i>Brassica oleracea</i>	20
Hu	Tomate - <i>Lycopersicum esculentum</i>	16
Hv	Brócolis - <i>Brassica oleracea var. italica</i>	30
Hx	Quiabo - <i>Hibiscus esculentos</i>	16
Hx	Pimenta-malagueta - <i>Capsicum frutescens</i>	20

Quadro 11 – Relação das plantas propostas para a horta-mandala

Sugeria-se, ainda, misturar os plantios de forma concentrada, de acordo com as necessidades das plantas companheiras (que auxiliam umas às outras no seu desenvolvimento). Dessa forma, existiria um controle melhor de insetos, com as plantas se auxiliando mutuamente.

Atrás dessas faixas, o projeto aconselhava plantar, em canteiros largos, outras culturas. É aí que se introduziriam as abóboras. Capim-cidreira (cidró) e confrei seriam plantados à volta de todo o perímetro da mandala, em duas faixas densas. Essa combinação criaria uma barreira para gramíneas invasoras, insetos e até mesmo cobras. Com a passagem do tempo, os materiais se decompõem e a profundidade do *mulch* começa a diminuir. As bananeiras, o confrei e o cidró são, então, utilizados para adicionar mais *mulch* e nutrientes ao solo. Pequenos galhos são podados, folhas de bananeira e de confrei são cortadas e picadas em pequenos pedaços, e o cidró recebe uma poda severa.

Espiral de ervas

A espiral de ervas constitui outro elemento permacultural que busca criar condições adequadas para o desenvolvimento vegetal, a partir da criação de microclimas e de condições de solo apropriadas a cada espécie, com condições de acessibilidade adaptadas ao usuário. Assim, aquelas plantas que requerem maior incidência de radiação solar são situadas no lado norte da espiral, enquanto as mais sensíveis são localizadas no lado sul. As que requerem um solo mais úmido são localizadas na base da

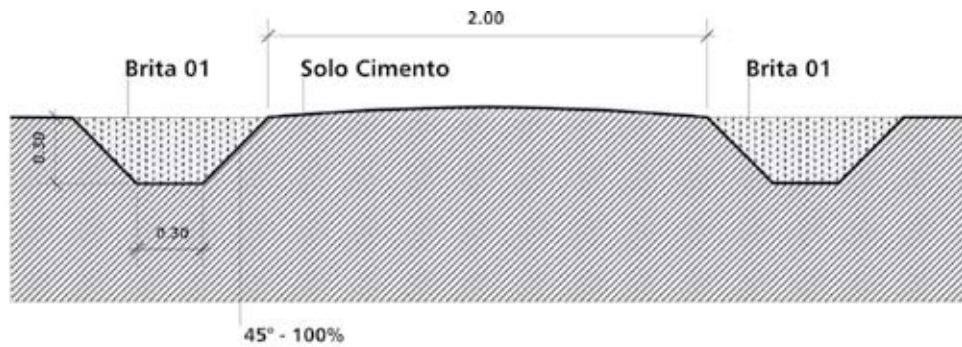
espiral, enquanto as mais adaptadas a um solo seco são localizadas em seu topo. As dimensões da espiral de ervas são estabelecidas de modo a permitir o fácil acesso às diversas espécies e, portanto, são adaptadas às particularidades físicas e à flexibilidade de cada usuário.

Galinheiro

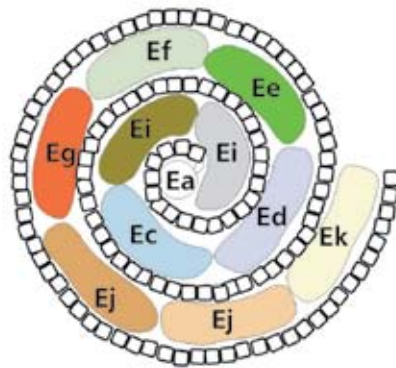
O projeto de sistemas permaculturais sugere que a área onde circulam as galinhas seja dividida em quatro piquetes, de forma que as galinhas, ali permanecendo por determinado período, possam limpar, adubar e arar o solo para as culturas posteriores.

Em um primeiro piquete podem ser plantados trevo e milho; no segundo, trevo e girassol; e no terceiro piquete, mucuna. As galinhas, em um primeiro momento, ficarão durante o dia no quarto piquete, realizando uma atividade de melhoramento do solo (escarificação e adubação), enquanto, por exemplo, a cultura de mucuna é plantada no terceiro piquete. Posteriormente, as aves passarão para o piquete contendo trevo e milho, dando continuidade à sua atividade de regeneração do solo, crescendo, pondo ovos, enfim, formando um ciclo contínuo de atividade.

A Figura 29 mostra um espaço alternativo para a permanência das galinhas, enquanto elas não estiverem circulando livremente. Esse espaço também conjuga uma série de funções complementares (calor das galinhas aquecendo as plantas, galinhas fertilizando o solo, plantas suprimindo alimentos, plantas protegendo as galinhas de insolação intensa, etc.).



Detalhe - PAVIMENTAÇÃO ÁREA RESIDENCIAL



PLANTA BAIXA



VISTA

Detalhe - ESPIRAL DE ERVAS

LEGENDA

-  - Ek - Tagetes (*Tagetes* sp.) - A=0,12 m²
-  - Ej - Sálvia (*Salvia officinalis*) - A=0,12 m²
-  - Ej - Sálvia (*Salvia officinalis*) - A=0,11 m²
-  - Eg - Melissa (*Melissa officinalis*) - A=0,11 m²
-  - Ef - Manjeriço (*Ocimum basilicum*) - A=0,11 m²
-  - Ee - Hortelã - (*Mentha sativa*) - A=0,11 m²
-  - Ed - Funcho (*Foeniculum vulgare*) - A=0,11 m²
-  - Ec - Cebolinha (*Allium schoenoprasum*) - A=0,11 m²
-  - Ei - Salsa (*Petroselinum crispum*) - A=0,09 m²
-  - Ei - Salsa (*Petroselinum crispum*) - A=0,09 m²
-  - Ea - Alecrim - (*Rosmarinus officinalis*) - A=0,02 m²

Figura 28 – Caracterização da espiral de ervas

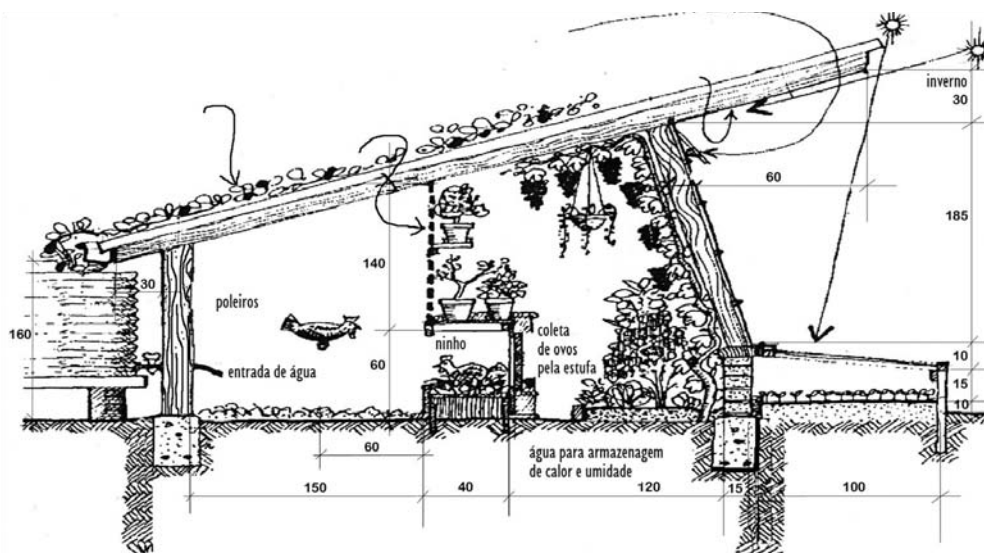


Figura 29 – Proposta de um espaço funcional para o abrigo das galinhas
Fonte: Mollison (1998)

ESPIRAL DE ERVAS		
Código	Nome comum - Nome científico	Quantidade
Ea	Alecrim - <i>Rosmarinus officinalis</i>	6
Eb	Capim-cidrô - <i>Cymbopogon citratus</i>	15
Ec	Cebolinha - <i>Allium schoenoprasum</i>	5
Ed	Funcho - <i>Foeniculum vulgare</i>	3
Ee	Hortelã - <i>Mentha sativa</i>	23
Ef	Manjeriçã - <i>Ocimum basilicum</i>	13
Eg	Melissa - <i>Melissa officinalis</i>	5
Eh	Orégano - <i>Origanum majorana</i>	23
Ei	Salsa - <i>Petroselinum crispum</i>	40
Ej	Sálvia - <i>Salvia officinalis</i>	7
Ek	Tagetes - <i>Tagetes sp.</i>	6
El	Tomilho - <i>Thymus vulgaris</i>	10
Em	Confrei - <i>Symphytum officinale</i>	20

Quadro 12 – Relação de plantas propostas para a espiral de ervas

Tonel de batatas

As batatas poderão ser plantadas em uma pequena área, usando um tonel, uma caixa de madeira ou, mesmo, pneus de veículos. As batatas são colocadas sobre um apoio de *mulch*, dentro do tonel, com *mulch* por cima. À medida que as batatas brotam e crescem, mais *mulch* é empilhado por cima, até que os topos verdes estejam acima da beira do tonel. Dessa forma, as batatas surgem da haste coberta e são apanhadas mais facilmente do que quando plantadas em solo duro.

Círculo de bananeiras

O círculo de bananeiras permite, por meio de um plantio em círculos e da acumulação de matéria orgânica (compostagem) em seu centro, aumentar a produtividade e facilitar a irrigação dos plantios localizados na sua borda.



Figura 30 – Tonel de batatas

Fonte: Mollison (1998)

No buraco cavado, de 1 m de profundidade, primeiro, são colocados troncos; em segundo lugar, galhos; e, por último, folhas e outros materiais orgânicos de menor dimensão. Com o passar do tempo, há a necessidade de colocação de mais matéria orgânica, substituindo aquela colocada anteriormente, à medida que ela for se decompondo.

Controle de pragas e moléstias

Quando for observada grande incidência de alguma praga ou moléstia, é indicado consultar um técnico especializado, para orientação da prática a ser adotada. Sugere-se buscar sempre métodos que favoreçam e estimulem o controle biológico entre as espécies daninhas.

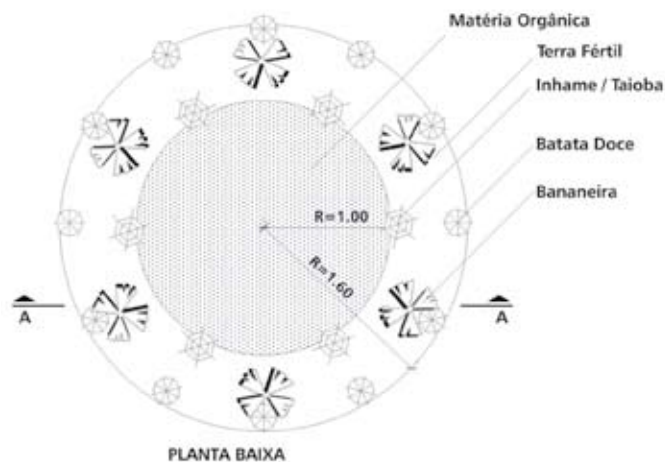


Figura 31 – Círculo de bananeiras

5.2.3 Considerações finais

O projeto de paisagismo foi orientado, tanto quanto possível, por princípios permaculturais. A Figura 25 permite verificar que o projeto paisagístico incluiu uma proposta de *layout* para toda a área do Horto. A equipe de projeto da LECS, do NORIE, com base em informações fornecidas por técnicos da Prefeitura, desenvolveu um projeto que, além de contemplar as propostas para o entorno do protótipo, atendessem às funções previstas para o Horto Florestal Municipal, desejado pela municipalidade.

5.3 O Projeto da unidade habitacional

5.3.1 Introdução

Conforme já referido anteriormente, a partir do convênio inicial firmado entre o NORIE/UFRGS e a Prefeitura Municipal de Alvorada, em dezembro de 1997, decidiu-se aproveitar a oportunidade para estender o projeto de pesquisa à construção de um protótipo, a **Casa Alvorada**, que consolidaria os princípios e idéias gerados no Concurso Internacional de Idéias, realizado em 1995. Salienta-se que o objetivo de construção do protótipo não era o de estabelecer um modelo a ser reproduzido, posteriormente, em larga escala, mas, sim, uma edificação cuja função principal seria a de testar, junto ao cotidiano das pessoas, alternativas tecnológicas sustentáveis, capazes de preservar o meio ambiente e de, simultaneamente, proporcionar bem-estar (COSTA FILHO; BONIN; SATTLER, 2000).

Nesse sentido, para a elaboração desse protótipo, buscou-se, a partir dos resultados alcançados no Concurso Internacional de Idéias, definir detalhes e especificações aplicáveis à realidade local. Com a construção de um protótipo, pretendia-se criar um modelo, em escala real, que facilitasse a comunicação entre projetistas e futuros usuários das habitações, a fim de testar e avaliar as alternativas tecnológicas, possibilitando monitorar as tecnologias implementadas e avaliar as respostas dos usuários. Segundo Sattler et al. (1998), esperava-se “confirmar a eficácia das tecnologias escolhidas e sua apropriação pelos futuros usuários, superando o vício da substituição do ponto de vista dos usuá-

rios pela presumida capacidade dos técnicos projetistas de reproduzirem sua opinião”. Além disso, desejava-se tornar o protótipo um local de discussão de estratégias para a preservação ambiental com a comunidade local e de difusão de tecnologias sustentáveis para a habitação.

Produtos

No desenvolvimento do protótipo da Casa Alvorada foram definidos os seguintes produtos:

- a) projeto arquitetônico;
- b) detalhamento construtivo;
- c) memorial descritivo;
- d) utilização de entulho de construção como agregado para a produção de concreto; e
- e) orçamento dos materiais de construção.

O orçamento se refere a dados obtidos em outubro de 1999, devendo ser atualizados de acordo com os preços em vigor na oportunidade de uma eventual execução.

Na quantificação de materiais, aqueles referentes à produção de concreto (cimento, areia, brita) foram obtidos de maneira genérica, devendo-se na execução do protótipo realizar a caracterização dos materiais e a posterior dosagem do concreto.

5.3.2 Diretrizes e estratégias de projeto

As diretrizes gerais, adotadas para a concepção do protótipo, foram as seguintes (SATTLER et al., 2000; COSTA FILHO; BONIN; SATTLER, 2000):

- a) otimização da capacidade funcional da habi-

tação, transferindo para um segundo momento a avaliação dos seus custos;

b) especificação de materiais de construção alinhados com princípios de sustentabilidade, priorizando aqueles materiais com o menor impacto ambiental possível, assim como aqueles disponíveis localmente;

c) inclusão, no projeto, de relações espaciais, que permitam a utilização da habitação por pessoas portadoras de deficiências físicas e/ou idosos;

d) utilização de princípios da arquitetura bioclimática, para produzir espaços com um grau de habitabilidade otimizado, com mínima, ou nenhuma, dependência de sistemas ativos de resfriamento ou aquecimento;

e) utilização de tecnologias que possam ser facilmente assimiladas pelos futuros usuários, de modo a possibilitar processos de autoconstrução;

f) projeto do protótipo considerando os condicionantes climáticos do local onde ele vier a ser construído;

g) previsão de um ambiente que possibilite o desenvolvimento de atividades geradoras de renda, no programa de necessidades da habitação; e

h) desenvolvimento do projeto, de modo a possibilitar ampliações e remanejamento de espaços.



Figura 32 – Perspectiva da Casa Alvorada

O protótipo foi concebido de acordo as seguintes estratégias:

a) arquitetura solar passiva;

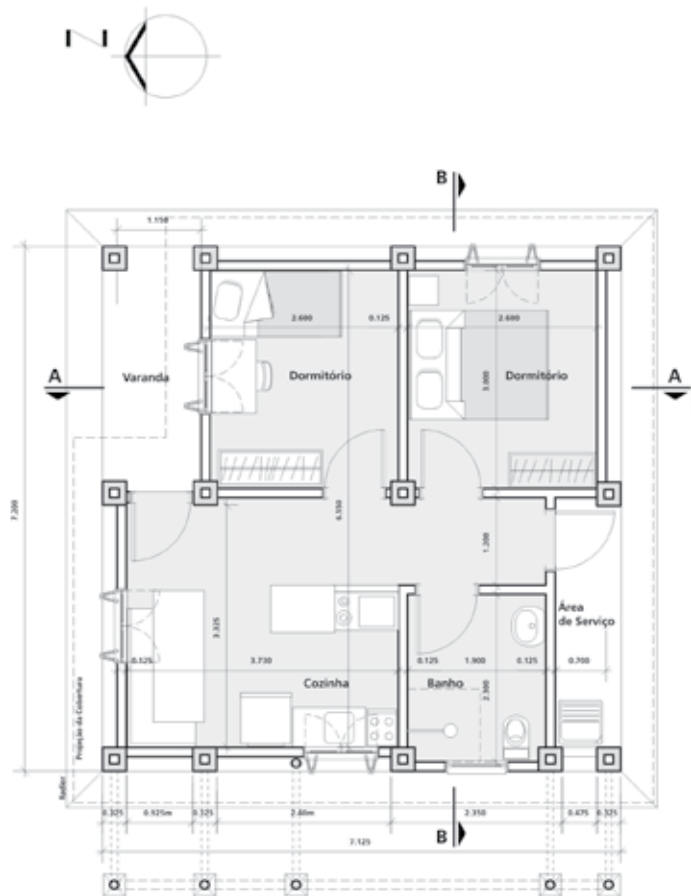
b) coletor solar de baixo custo, para aquecimento de água;

c) níveis de isolamento térmico para telhados, paredes e pisos, adequados à realidade climática local e à condição econômica dos futuros usuários;

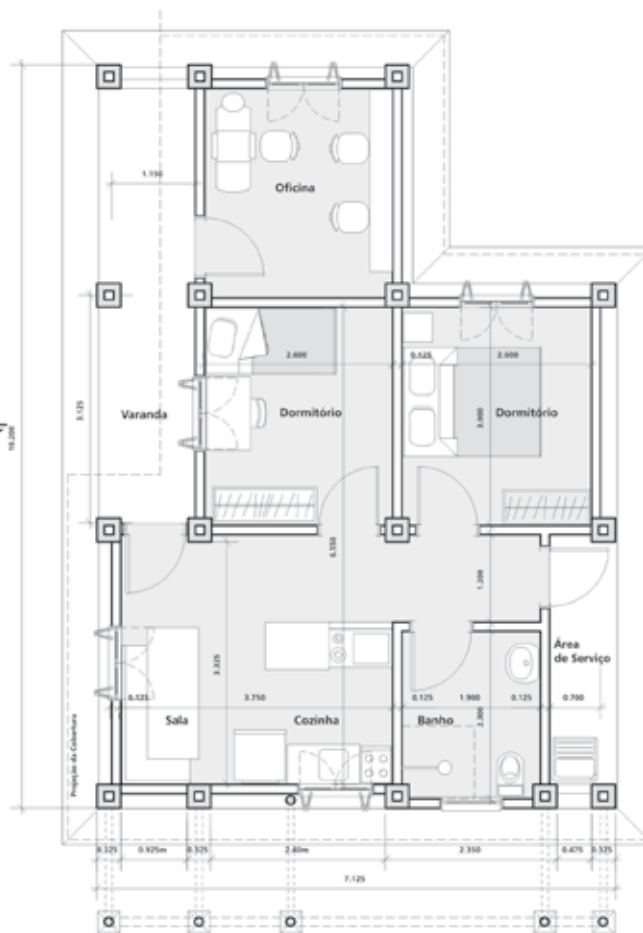
d) uso de pinturas e produtos preservativos não tóxicos, para madeiras;

e) prioridade ao uso de materiais locais e à reutilização, ou reciclagem, de materiais de demolição;

f) uso de vegetação, tanto para sombreamento como para a produção de alimentos (paisagismo produtivo);



PLANTA BAIXA - Lay-Out 02 - Esc.: 1:50



PLANTA BAIXA - Lay-Out 03 - Esc.: 1:50

Figura 33 – Planta Baixa do protótipo habitacional Alvorada (com sua versão de ampliação à direita)

- g) uso de secador de alimentos (folhas e frutos) e de composteira;
- h) utilização de fogão a lenha, para cozinhar e, ao mesmo tempo, aquecer o ambiente interior nos períodos frios;

- i) sistema de coleta e reutilização de água de chuva, para descarga do vaso sanitário, assim como para irrigação de jardim;
- j) tratamento local de esgoto doméstico;

k) uso de elementos e componentes passíveis de autoconstrução; e

l) distribuição dos espaços internos, de modo a permitir a acessibilidade universal a todos os ambientes.

5.3.3 Propostas para a Casa Alvorada

Para a Casa Alvorada foi definido um programa de necessidades típico de uma habitação voltada a uma pequena família, totalizando 48,50 m² de área construída, incluindo dois dormitórios, sala e cozinha integradas, banheiro, área de serviço e área de entrada (Figuras 32 e 33), com possibilidades de ampliação futura, mediante um compartimento localizado junto à fachada leste, também conforme a Figura 33. Esta seção analisa apenas a proposta simplificada.

Como o projeto prevê técnicas passivas de controle ambiental, durante a fase de concepção, foram considerados dados como a trajetória solar e a direção de ventos mais frequentes, determinantes da orientação da fachada principal e da localização das aberturas da edificação.

92

A partir da análise dos dados coletados, a elaboração do projeto da Casa Alvorada foi dividida nas seguintes etapas:

- a) definição do partido arquitetônico;
- b) definição de materiais a serem utilizados na construção;
- c) escolha das técnicas construtivas e cálculo estrutural; e
- d) detalhamento construtivo.

5.3.4 Definição do partido arquitetônico

A intenção de utilização de técnicas passivas de controle térmico, na edificação, determinou boa parte das soluções do partido arquitetônico, tendo para isso sido considerados dados importantes, como a orientação da edificação em relação ao sol, aos ventos predominantes e à vegetação de entorno. A previsão de utilização de sistemas de aproveitamento de energia solar, de água da chuva e de tratamento local de esgoto doméstico, nesta proposta, também foi determinante na escolha do partido, que foi definido mediante análise detalhada dos condicionantes técnicos, que envolvem cada um dos sistemas adotados.

Assim, os planos de cobertura da edificação foram orientados, primordialmente, de forma a diminuir a densidade de radiação solar sobre ela incidente, tendo sido definidas duas águas: a primeira, voltada para o norte, foi concebida de modo a permitir a instalação de um sistema de aquecimento de água, através de coletores solares (Figura 34); e a segunda, orientada para o sul, englobando a maior parte da cobertura, para viabilizar a captação de água de chuva.

A divisão da cobertura em duas águas orientou a concepção de aberturas na parede intermediária, com janelas basculantes, para que o fluxo de ar dentro da edificação fosse conduzido pelo “efeito chaminé”. Assim, à medida que o ar no interior da edificação se aquecesse, tenderia a subir, concentrando-se nas camadas mais altas e aí estabelecendo um aumento de pressão, que poderia, então, ser escoado se as janelas estivessem abertas.

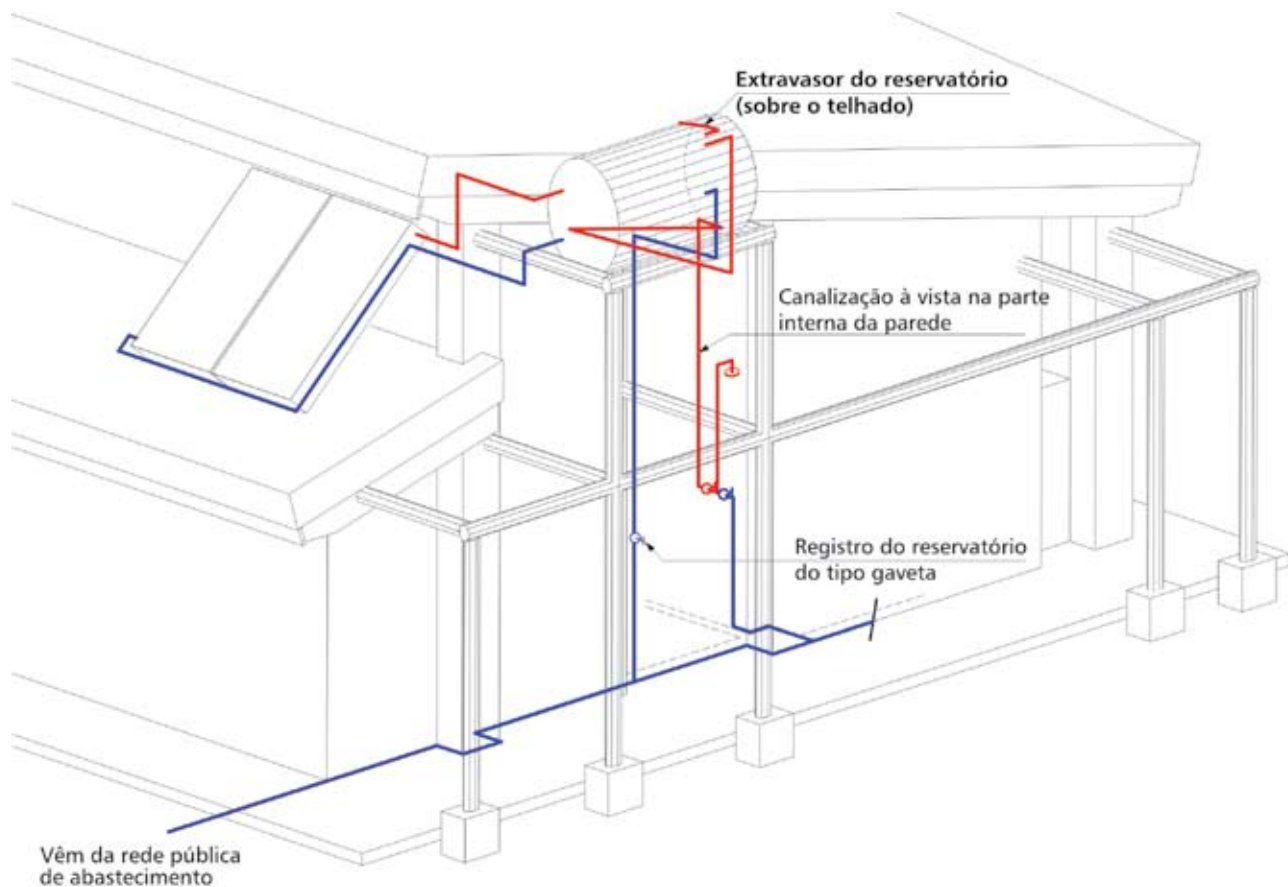


Figura 34 – Implantação do coletor solar, com a rede hidráulica proximal

Para permitir a acessibilidade universal a todos os ambientes, a Casa Alvorada foi concebida sem degraus, com portas de 80 cm de largura. A área do banheiro foi projetada de modo a permitir a circulação de uma cadeira de rodas. O *layout* da casa foi pensado de forma a permitir o uso da casa, também, como centro de difusão de tecnologias mais susten-

táveis e, ainda, possibilitar a sua ampliação para uma área de trabalho.

Para o controle da incidência de calor sobre a parede oeste, foi previsto um revestimento externo mais claro, além da utilização de um pergolado com vegetação caducifólia (Figura 35). A face sul previa, também, um revestimento, mas com a finalidade de

prevenção de ocorrência de patologias (principalmente associadas à umidade), na orientação mais exposta às intempéries e pouco insolada.

A incidência adequada de luz em todos os ambientes, na face norte, foi contemplada por meio da criação de um novo pergolado. Os quartos foram orientados para leste, para recebimento da radiação solar durante a manhã (em um dos quartos, através da janela voltada para o norte) e manutenção dos níveis de conforto durante a noite (no verão).



94

Figura 35 – Vista da fachada oeste mostrando os pergolados lateral e frontal e o revestimento parcial

5.3.5 Definição dos materiais utilizados na construção

A escolha dos materiais para a execução do protótipo da unidade habitacional, conforme já assinalado, foi definida a partir de um estudo de materiais de construção existentes, realizado no município de Alvorada. Segundo Sperb, Bonin e Sattler (1998), os

pré-requisitos de sustentabilidade para os materiais de construção civil são os descritos a seguir.

Pequenas distâncias de transporte

No Rio Grande do Sul existe um grande número de olarias, distribuídas por todo o Estado, sendo a maioria de pequeno porte. Essa distribuição dos locais de produção de materiais cerâmicos determina a diminuição de deslocamentos para transporte, ao mesmo tempo em que contribui para a *sustentabilidade* econômica dos municípios onde se localizam. A preocupação com essa economia de energia é necessária na medida em que, em alguns casos, a energia consumida nos diversos deslocamentos até que o material de construção, em sua forma final, chegue à obra pode representar grande parte da energia total incorporada a ele. No Brasil os impactos ambientais relacionados a deslocamentos são ainda mais relevantes devido ao disseminado uso de combustíveis fósseis, o que representa o consumo de um recurso não renovável, aliado à intensificação de emissões de dióxido de carbono e do conseqüente efeito estufa.

Baixo conteúdo energético

Os materiais de construção determinam impactos ambientais na medida em que são grandes consumidores de recursos naturais, tanto na forma de matérias-primas extraídas como na forma de energia. O consumo de energia ocorre nas etapas de extração da matéria-prima, produção do produto, montagem em obra e nos deslocamentos realizados em todo o processo, até que o material de construção cumpra o seu papel funcional na edificação. Deve ser

considerado, também, o consumo de energia relacionado à manutenção desse material e às atividades de desmonte ou demolição no final da vida útil da edificação. A identificação da origem da energia utilizada nas diversas etapas de produção é fundamental para a quantificação dos reais impactos relacionados ao consumo energético dos materiais de construção.

Elevado grau de renovabilidade ou elevado potencial de reciclabilidade

O Projeto contemplou, também, um estudo da viabilidade de utilização de entulho de obra, como agregado reciclado, para a produção de concreto na execução do protótipo da unidade habitacional.

Para a escolha dos materiais de construção, para a execução do protótipo da Casa Alvorada, foram definidos alguns critérios:

- a) uso de materiais produzidos na região;
- b) redução do consumo de materiais ambientalmente inadequados (poluentes, tóxicos ou de alto conteúdo energético);
- c) consideração da cultura de construção local;
- d) consideração da qualidade da mão-de-obra disponível localmente, predominantemente não especializada; e
- e) consideração das condições de clima de Alvorada (semelhantes às de Porto Alegre), visando ao máximo aproveitamento da capacidade dos materiais empregados e das soluções construtivas adotadas, para otimizar níveis de conforto no interior da habitação.

A adoção de tijolos cerâmicos, como principais elementos de vedação vertical, e de telhas cerâmicas na cobertura da Casa Alvorada considerou, além do desempenho energético deles, outros fatores relacionados à não-geração de subprodutos tóxicos durante o ciclo de vida e a questões de identidade cultural, conforme estudos realizados por Sperb, Bonin e Sattler (1998). Em relação à eficiência energética desses materiais, dois fatores são relevantes: o caráter local da produção desses elementos; e os tipos de energia que podem ser utilizados na produção deles.

Os materiais de construção foram escolhidos segundo critérios de aceitação do usuário, facilidade de execução e bom desempenho (térmico, acústico, durabilidade). Para as paredes, optou-se pela utilização de alvenaria de tijolos maciços, com grande inércia térmica, visando ao abrandamento das variações de temperatura externa no interior da edificação. A estrutura da cobertura seguiu o mesmo princípio e foi concebida com cinco camadas: telha cerâmica, colchão de ar, chapa de alumínio (*offset* reaproveitado da indústria gráfica), colchão de ar e forro de madeira.

Os materiais escolhidos estão apresentados no Memorial Descritivo.

5.3.6 Escolha das técnicas construtivas e cálculo estrutural

As técnicas construtivas escolhidas, baseadas em materiais não convencionais na construção civil, requereram uma série de verificações quanto à re-

sistência e à durabilidade das soluções, tendo sido estudadas através de cálculos estruturais e melhoramentos do projeto. Buscou-se também neste estudo a economia na quantidade de materiais empregados, a viabilização do uso de ferramentas e equipamentos simples e a utilização de materiais alternativos (por exemplo, madeira de eucalipto no lugar de madeira de lei, para a estrutura do telhado).

5.3.7 Detalhamento construtivo

No detalhamento construtivo foram estudados os pontos críticos da edificação, ocasionados pela escolha de materiais e de algumas técnicas não convencio-

nais, para a execução da edificação, que poderiam vir a causar futuras patologias. O objetivo do detalhamento foi o de otimizar os níveis de conforto dos usuários na edificação, em associação a uma maior durabilidade e soluções que pudessem ser resolvidas em projeto, evitando ainda o uso desnecessário de materiais.

5.3.8 A adequação do projeto da unidade habitacional para uso como um centro de difusão de tecnologias mais sustentáveis

Considerando que o protótipo seria implantado em uma área pertencente ao Horto Florestal do município, a Prefeitura Municipal de Alvorada soli-

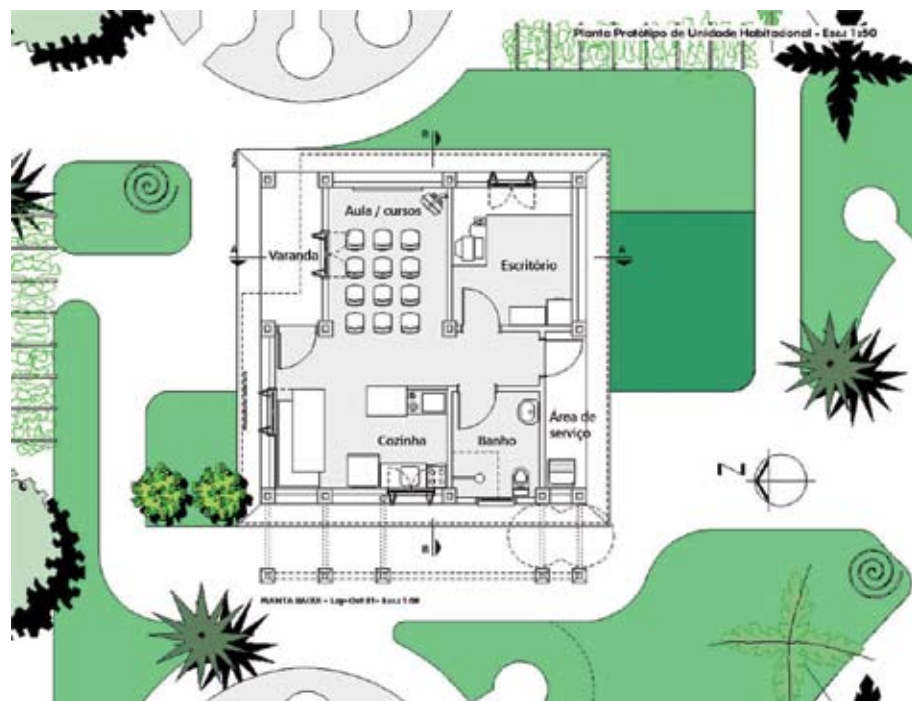


Figura 36 – Adequação do protótipo habitacional, para uso como um centro de difusão de tecnologias mais sustentáveis

citou uma modificação no projeto da edificação, de modo que ela pudesse ser utilizada como um centro de difusão de tecnologias mais sustentáveis. Na Figura 36, pode ser verificado o resultado da adaptação da unidade habitacional.

Assim, considerando a realidade específica de Alvorada, as seguintes diretrizes adicionais orientaram a adaptação da proposta do protótipo para funcionamento como centro:

- a) conjugação da função de centro de difusão de tecnologias sustentáveis com as de um escritório, em uma edificação cujos espaços teriam o *layout* de uma habitação e onde poderiam ser demonstradas tecnologias utilizadas no cotidiano de uma moradia;
- b) integração da edificação e seu entorno imediato com as atividades do Horto Municipal de Alvorada, promovendo a disseminação de práticas permaculturais;
- c) seleção de tecnologias de fácil utilização por usuários típicos da região, para que as capacidades funcionais previstas pudessem ser efetivamente praticadas; e
- d) proposição de um centro que tivesse por base as tipologias habitacionais já praticadas pela população da região, assim como dos materiais de construção produzidos e comercializados localmente, de forma a identificar parâmetros que refletissem as aspirações e identidades da população em relação à moradia.

5.4 A busca por padrões otimizados de conforto ambiental e eficiência energética

Para fins de aperfeiçoamento da proposta preliminar do protótipo habitacional Casa Alvorada foram realizados vários estudos, entre os quais simulação de desempenho térmico, ventilação, análise de iluminação e proteção solar.

5.4.1 Avaliação do desempenho térmico da Casa Alvorada

Para estimar o desempenho térmico de uma edificação é necessário considerar as características do clima do local onde ela será implantada, assim como dos componentes que a integrarão. A ferramenta de análise utilizada foi o programa THEDES, elaborado por Sattler (1986), que permite simular o desempenho térmico de edificações não condicionadas artificialmente.

5.4.1.1 Caracterização do clima local

Os dados climáticos utilizados pelo software foram formatados a partir de tabelas para os dias típicos de Porto Alegre (SATTLE, 1989). Para fins de simulação, foram considerados dias com nível estatístico de ocorrência de 10%, tanto para a situação de verão como para a situação de inverno.

5.4.1.2 Caracterização dos componentes da Casa Alvorada

O programa THEDES simula o desempenho térmico de edificações a partir da inserção de ca-

Componente	Transmitância térmica (W/m ² K)	Admitância térmica (W/m ² K)
Paredes externas sem revestimento	2,9	4,2
Paredes externas com revestimento	2,7	4,7
Paredes internas	-	2,6-3,5
Cobertura	1,2	1,9
Piso	1,1	5,8

Quadro 13 – Transmitâncias térmicas dos componentes externos

racterísticas referentes aos componentes verticais externos, componentes verticais internos, cobertura e piso. A seguir, são apresentadas as características desses componentes e o Quadro 13, com as propriedades térmicas (transmitância e admitância térmica) de componentes, geradas pelo programa THEDES.

Componentes verticais externos - Compreendem paredes, portas e janelas. As paredes são compostas de alvenaria de meio tijolo e pilastras (reforços das paredes), ambas de tijolos cerâmicos maciços, de dimensões 5,5 cm x 11 cm x 23 cm. Algumas paredes receberam revestimento em argamassa, as quais, posteriormente, receberão pintura em cor clara. As portas e janelas são em madeira de *Eucalyptus grandis*, ou assemelhado, tendo as janelas área média de 1 m², onde é usado vidro simples.

Componentes verticais internos - Compreendem paredes e portas, apresentando as mesmas características dos componentes verticais externos.

Cobertura - É composta de duas águas, sendo a maior área da cobertura voltada para a orien-

tação sul, para diminuir a densidade de radiação solar, proveniente da direção norte. A estrutura da cobertura se constitui de cinco camadas: telha cerâmica, colchão de ar, placa metálica reciclada de alumínio, colchão de ar e forro de cerne de cedrinho vermelho. A placa metálica (chapa de *offset* usada) funciona como barreira à radiação térmica, reduzindo significativamente a transmissão de calor pela cobertura.

Piso - É composto de um contrapiso de concreto magro, revestido com peças cerâmicas.

5.4.1.3 Resultados da simulação de desempenho térmico

Foram criados dois arquivos climáticos no programa, um para simular o desempenho no verão, considerando as janelas norte e oeste sombreadas (através do ajuste do fator de ganho solar), e outro no inverno. As Figuras 37 e 38 apresentam os resultados da análise de desempenho térmico da Casa Alvorada para as situações de verão e de inverno.

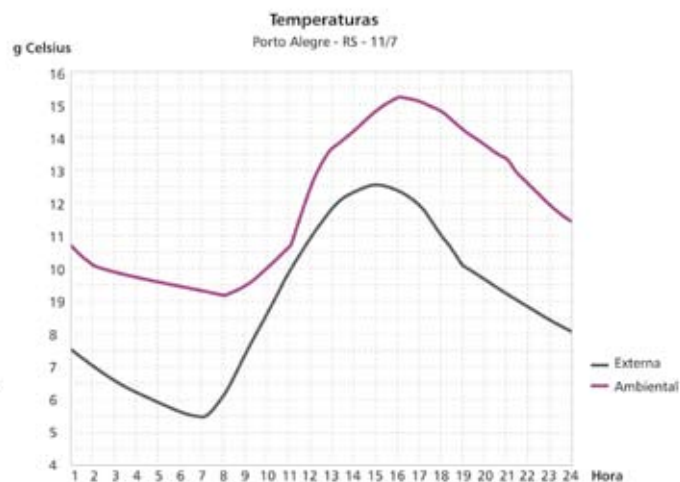
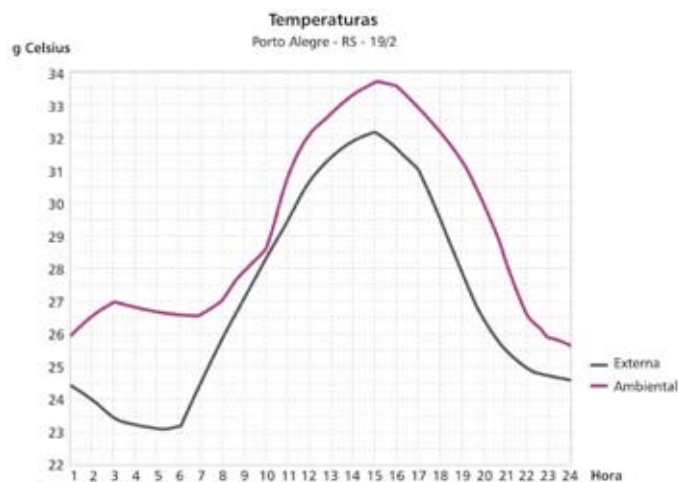


Figura 37 – Relação entre a temperatura do ar externo e a temperatura ambiental interna para a situação de verão (esquerda) e inverno (direita)

A Figura 37 relaciona a temperatura externa do ar com a temperatura ambiental interna. A temperatura ambiental interna (*environmental temperature*) considera, além da temperatura interna do ar, a radiação emitida pelas superfícies internas. Verificou-

se que a temperatura ambiental interna é, em média, 1 °C superior à temperatura do ar interno (expressando ganhos de calor por radiação térmica oriunda da envolvente dos ambientes).

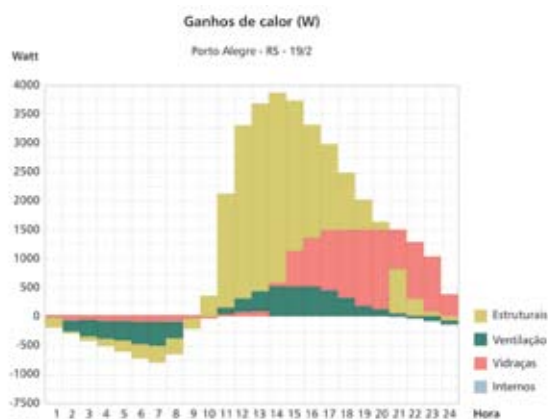
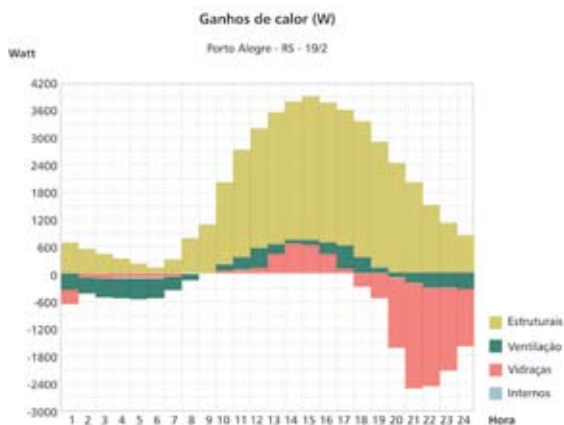


Figura 38 – Trocas de calor da edificação com o meio ambiente para a situação de verão (acima) e de inverno (abaixo)

5.4.1.4 Considerações sobre o desempenho térmico da Casa Alvorada

Analisando o desempenho de verão do protótipo (Figura 37), tem-se como temperatura máxima do ar do exterior 32,2 °C, e temperatura ambiental interior correspondente 35,5 °C. Portanto, a Casa Alvorada poderia ser enquadrada no nível C, definido pelo IPT (1998), como aquele ocorrente quando o valor máximo diário da temperatura do ar interior é superior ao valor máximo diário da temperatura do ar exterior. Verifica-se, ainda, que as temperaturas ambientais internas ultrapassam os 29 °C no período das 8h00 às 24h00, contabilizando um total de 16 horas ao longo do dia. No período de inverno (Figura 37), a temperatura mínima do ar exterior é de 5,4 °C, enquanto no interior é de 9,3 °C. Tal desempenho seria definido pelo IPT (1998) como correspondente ao nível B de desempenho, ou seja, como aquele ocorrente quando o valor mínimo diário da temperatura do ar interior for igual ou maior do que a temperatura mínima do ar exterior. Verifica-se, também, que durante todo o dia a temperatura mantém-se inferior a 16 °C, portanto abaixo do limite inferior de conforto térmico. Com relação às trocas de calor (Figura 38), verifica-se que tanto no verão como no inverno as trocas mais significativas são as que ocorrem através dos componentes estruturais (paredes e cobertura).

Pode-se verificar que a pior situação, estimada pelo programa THEDES, ocorre no período de verão, situação característica da região de Porto Alegre, devido às altas temperaturas, que se somam à elevada umidade do ar nesse período. Todavia, os resultados obtidos nesta análise não exprimem de forma com-

pleta o real desempenho da Casa Alvorada, já que algumas estratégias utilizadas para incrementar o desempenho dela não estão expressas nos dados de caracterização da edificação. Além disso, os dias típicos considerados se aproximam de situações extremas, que correspondem a apenas alguns curtos períodos do ano. Entre as estratégias não contempladas pelo programa de simulação, embora utilizadas no projeto, pode-se citar o sombreamento dos planos (por beirais, vegetação e pela própria forma da edificação) e a utilização do efeito chaminé para a ventilação, tanto dos ambientes internos como da cobertura.

5.4.3 Estratégias para diminuir os ganhos térmicos nos períodos quentes

Para prevenir ganhos indesejáveis de calor pela edificação durante o verão, foi proposto um pergolado com vegetação caducifólia junto à fachada oeste, assim como uma coloração clara para o seu revestimento externo. O pergolado possibilita interceptar a radiação solar durante o verão, permitindo a sua transmissão no período de inverno, quando as folhas caem. Outro pergolado é previsto para a fachada norte, acima da varanda, promovendo sombra sobre a superfície envidraçada do dormitório no verão e ingresso de radiação no inverno.

5.4.4 Avaliação do desempenho lumínico da Casa Alvorada

No Brasil, os níveis mínimos de iluminação para o desempenho das tarefas visuais são fixados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, através da

NBR 5413 (ABNT, 1992). Embora a luz natural seja considerada a principal fonte de luz, em alguns momentos, a iluminação artificial é necessária. Para aumentar a eficiência energética e a habitabilidade dos ambientes em uma edificação, deve-se pensar na complementaridade entre a luz artificial e a luz natural.

Iluminação natural

Para estimar as condições de iluminação natural da Casa Alvorada, optou-se pelo Método do Fluxo Repartido, que resulta no fator de luz natural ou *Daylight Factor* (DF). Os cálculos e as leituras foram feitos a partir de uma malha de 0,75 m x 0,75 m centralizada em relação às janelas e na altura do plano de trabalho, no caso 0,75 m. Foi considerada no cálculo a disponibilidade de luz natural exterior média, sem obstrução, de 9.000 lux e aplicados os fatores de luz natural (DF) máximo e mínimo em cada ambiente (YUBA et al., 1999). O Quadro 14 apresenta os resultados dos cálculos, e a Figura 39 mostra a distribuição das curvas Isolux para uma melhor visualização dos resultados obtidos.

Ambiente	DF (%)		Iluminância (Lux)	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Sala/cozinha	6.18	0.64	556.2	57.6
Dormitório 1	8.61	0.92	774.9	82.8
Dormitório 2	4.69	0.42	422.1	37.8
Circulação	0.49	0.47	44.1	42.3
Banheiro	1.33	0.40	119.7	38.7

Quadro 14 – Resultados dos cálculos de DF e Iluminâncias

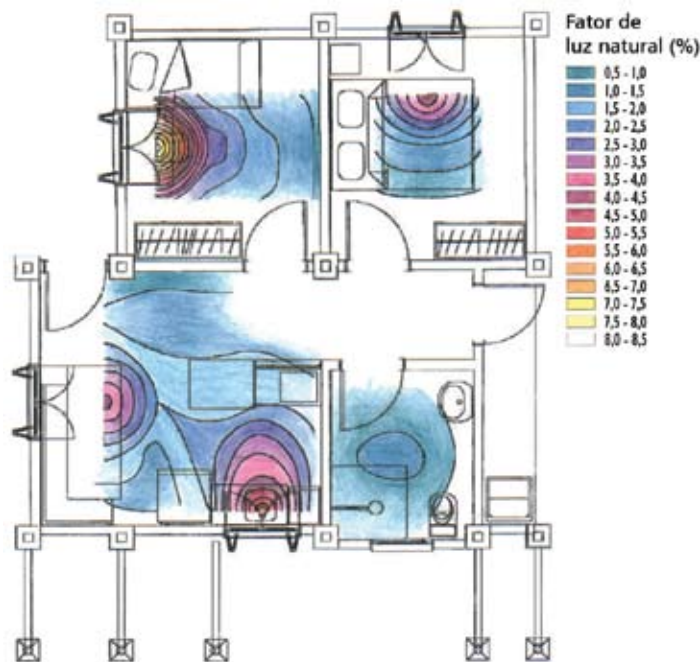


Figura 39 – Curvas Isolux (distribuição qualitativa)

Devido à utilização de aberturas laterais, verifica-se que a distribuição da luz natural se concentra junto às janelas, perdendo sua eficiência à medida do afastamento desses pontos, ou seja, apresenta uma grande variação entre os valores máximos e mínimos. Pode ser observado, também, que raramente os níveis de iluminação natural interna atingem os 500 lux recomendados pela NBR 5413 (ABNT, 1992), para execução de trabalhos que exigem acuidade visual média. Os ambientes que possuem valores mais altos são a sala/cozinha e o dormitório 1, o primeiro com mais de uma janela.

5.5 Equipamentos de suporte à otimização do desempenho das edificações e da gestão de recursos e resíduos

Um grupo de alunos das disciplinas envolvidas no projeto Casa Alvorada concentrou atividades no desenvolvimento dos equipamentos que dariam suporte à otimização dos recursos energéticos e tratamento de resíduos no protótipo da unidade habitacional e lote.

Foram desenvolvidos:

- estudos para ventilação do protótipo da unidade habitacional;
- projeto de iluminação artificial do protótipo da unidade habitacional;
- projeto de sistema de aquecimento de água por coletores solares;
- projeto do sistema de captação de água da chuva;

- projeto de tratamento de resíduos;
- projeto de instalações hidrossanitárias;
- projeto de instalações elétricas;
- projeto de secador solar de alimentos;
- projeto de composteira; e
- estudo da influência dos campos eletromagnéticos gerados por equipamentos eletroeletrônicos.

5.5.1 Estratégias adotadas para ventilação

A Casa Alvorada foi projetada para permitir a ventilação cruzada no verão, visando abrandar as temperaturas normalmente elevadas, características do período, ocorrentes na região, e possibilitar a ventilação higiênica no inverno, promovendo a qualidade do ar interior. Assim, o projeto de ventilação procurou tirar o máximo partido dos ventos predominantes existentes no local, para que houvesse condições de se estabelecer uma adequada ventilação de conforto para a situação de verão.

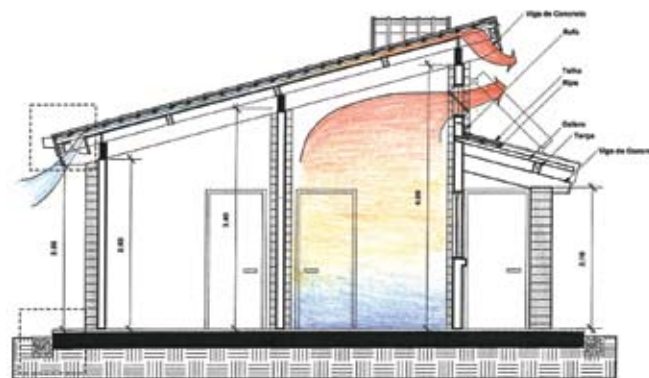
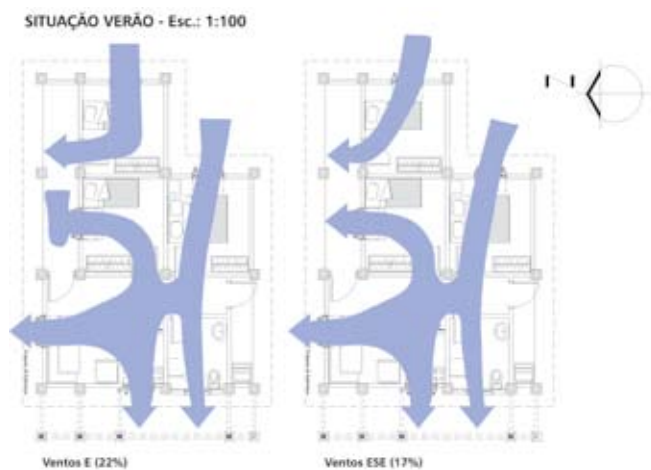


Figura 40 – Esquema de ventilação para a situação de verão

Na situação de verão (Figura 40), procurou-se tirar proveito dos ventos predominantes do quadrante leste (22% dos ventos de verão), que orientaram a localização das aberturas de um dos dormitórios e do compartimento proposto para ampliação. As demais dependências “nobres” são voltadas para a orientação norte, por ser esta a mais favorável à recepção dos raios solares, apesar de não ser tão eficiente quanto a ventilação. Para atenuar esse problema, foi projetada uma janela adicional na fachada oeste, da sala/cozinha, incrementando o potencial de ventilação cruzada nesse compartimento, considerado de uso prolongado. Nos ambientes voltados para o norte, também foram propostas duas aberturas superiores do tipo *maxim-ar*, para possibilitar a extração do ar mais quente de dentro da edificação, com base nos princípios da ventilação convectiva.

Para reduzir os ganhos de calor através da cobertura, foi proposto um sistema combinando um adequado isolamento térmico e a ventilação convectiva entre as camadas de isolamento (Figura 40, à direita). O sistema consiste na introdução de uma chapa de *offset*, usada em processos de impressão e normalmente comercializada como “sucata” pela indústria gráfica, entre o forro e a cobertura de telhas. O sistema é complementado pela construção de uma portinhola móvel no beiral inferior e de uma grelha aberta, para a saída de ar aquecido na parte mais alta da cobertura (cumeeira). Durante o período de verão, a portinhola deve permanecer aberta, provendo ventilação no espaço entre o forro e o telhado, o que reduz os ganhos de calor através da cobertura. No período de inverno, a portinho-

la deve ser mantida fechada, fazendo com que as câmaras de ar, com ventilação reduzida, aumentem a barreira isolante térmica, reduzindo as perdas de calor pela cobertura. No período de inverno, o usuário deverá ser instruído a minimizar a abertura das portas internas e das janelas, de modo a possibilitar a ventilação higiênica, mas sem gerar correntes de ar nos ambientes.

Assim, uma vez construída a residência, o usuário deverá receber recomendações de uso para que o sistema, que tira partido da ventilação natural, funcione adequadamente. Tais recomendações explicarão que durante o inverno todas as portas internas devem permanecer fechadas e as janelas devem ser abertas o mínimo possível, evitando correntes de ar nos aposentos. As tampas de ventilação do forro devem ser mantidas fechadas, evitando a retirada do ar aquecido pela cobertura. Já no verão, o recomendável será abrir todas as portas internas e janelas ao máximo, bem como manter permanentemente a ventilação do forro do telhado, deixando as tampas de proteção abertas.

Acredita-se que, seguindo essas recomendações, o desempenho climático da residência como um todo será bastante satisfatório, evitando perdas de calor no inverno e maximizando a retirada de calor no verão.

5.5.2 Iluminação artificial

O projeto de iluminação artificial da Casa Alvorada teve como premissa a especificação de produtos que, além de reduzir o consumo de energia elétrica, buscassem atingir níveis de iluminância/lu-

Vol(2)=81,6 m³/h (30 ach.) - 691 (254 ach.)
(3) V_{mín.}=0,3.0,53.1,6=0,25 m³/s=916 m³/h
Vol(3)=108 m³/h (30 ach.) - 916 (254 ach.)

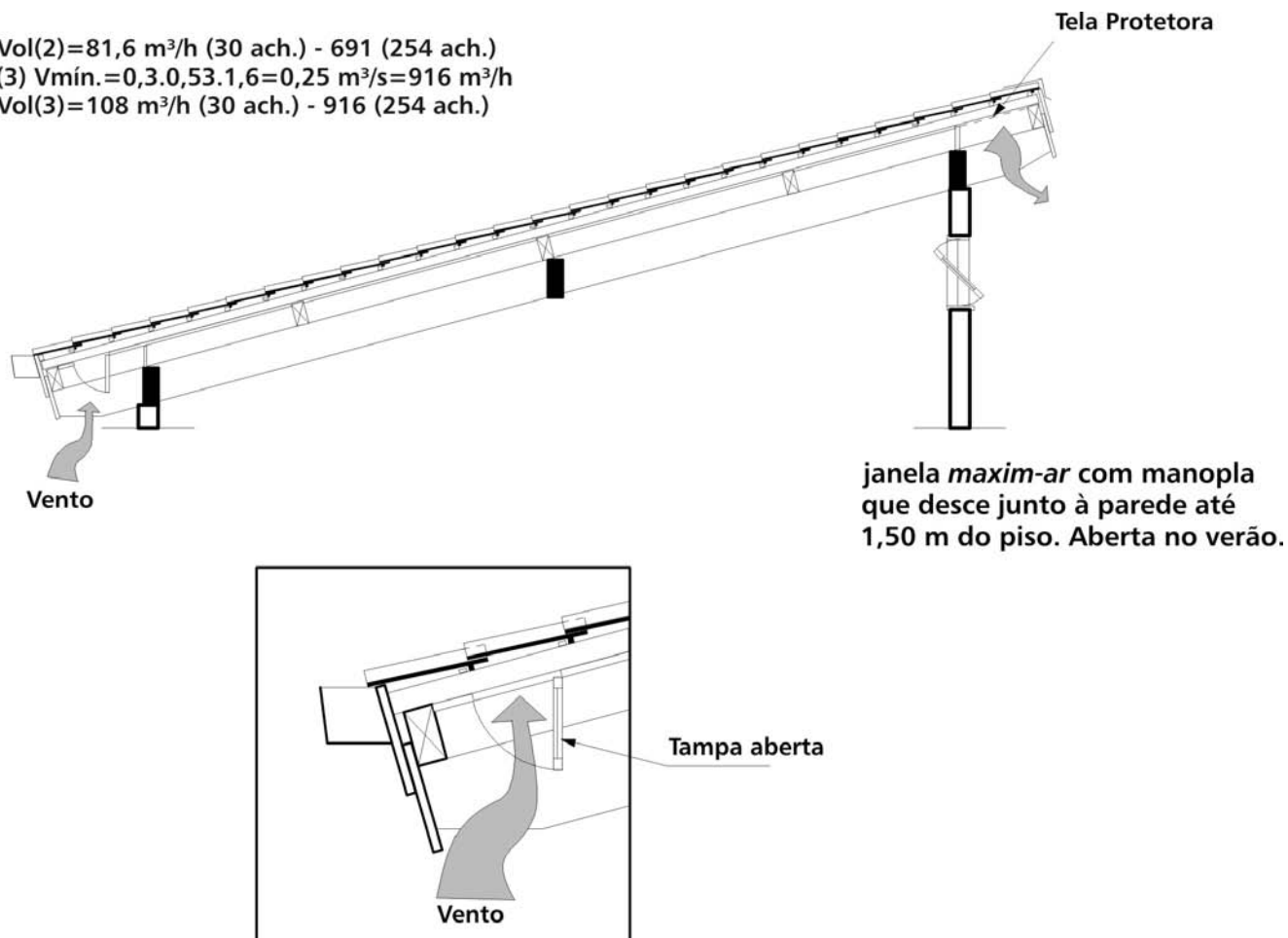


Figura 41 – Sistema de ventilação do telhado

minância e Índice de Reprodução de Cor (IRC) adequados às tarefas visuais a serem desenvolvidas pelos usuários. Outro critério de escolha foi a temperatura de cor, que foi estabelecida em torno de 3.000 K, por ser mais aconchegante (MIRON, 1999). Foram especificadas lâmpadas que possibilitam uma economia

de energia da ordem de 10% a 15%, pela redução de potência, com bulbo revestido em pó trifósforo, que permite maior eficiência energética (70 lm/w a 95 lm/w), com índice de reprodução cromática de 85%. As luminárias foram posicionadas de forma a propiciar iluminação de tarefa e iluminação de fundo.

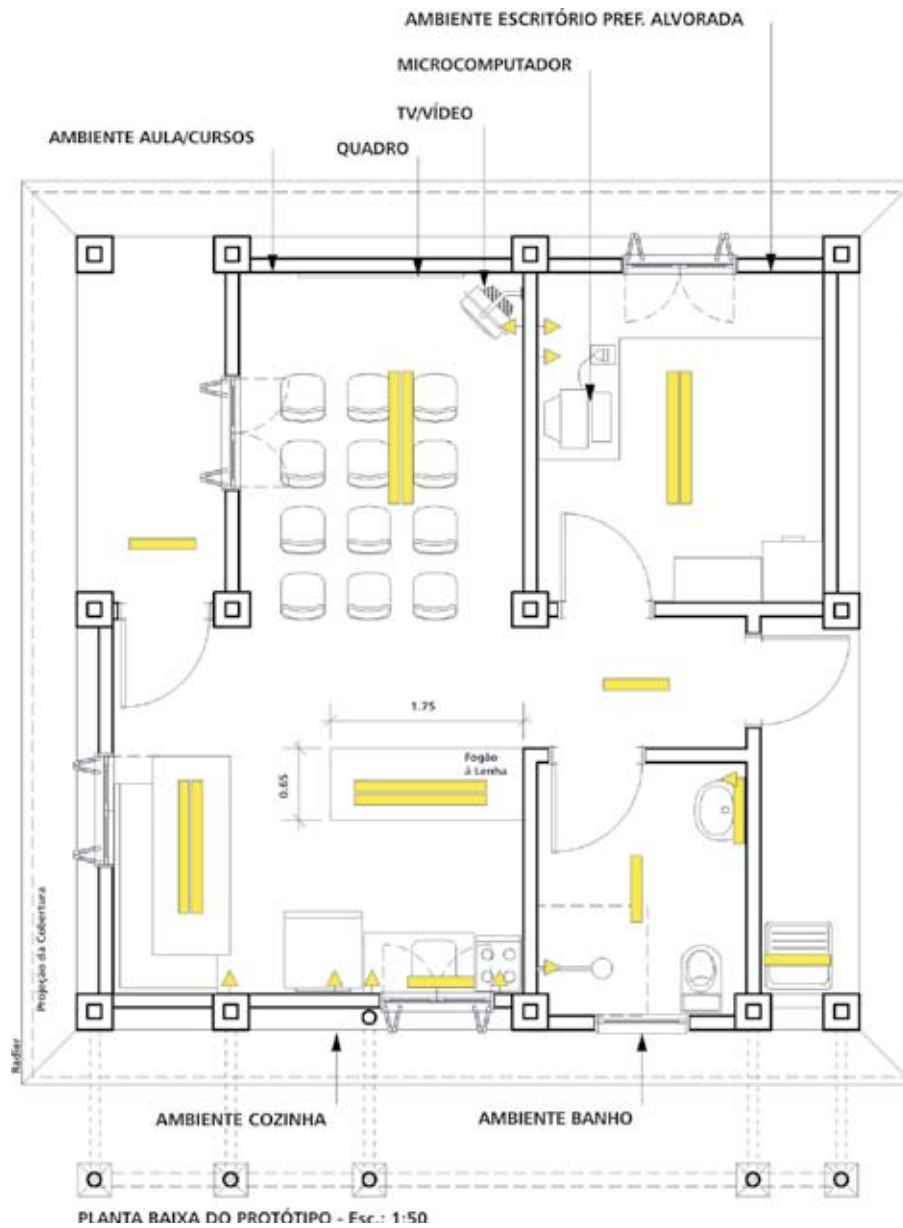


Figura 42 – Projeto de iluminação artificial da Casa Alvorada (adaptada como centro de difusão de tecnologias mais sustentáveis)

Especificação das lâmpadas

Especificação	Características
Especificação L18/21 840 - Branca Neutra	Lâmpadas OSRAM Energy Saver
	Diâmetro: 26 mm
	IRC: 85%
	Comprimento: 590 mm
	Potência: 18 w + 10 w (reator)
	Fluxo Luminoso: 1.350 lm
	Temperatura de cor: 4.000 K

Quadro 15 – Especificação preferencial para lâmpada do tipo 1

Especificação	Características
Especificação L32/31 830 - Branca Morna	Lâmpadas OSRAM Energy Saver
	Diâmetro: 26 mm
	IRC: 85%
	Comprimento: 1.200 mm
	Potência: 32 w + 15 w (reator)
	Fluxo Luminoso: 3.050 lm
	Temperatura de cor: 3.000 K

Quadro 16 – Especificação preferencial para lâmpada do tipo 2

Especificação	Características
Especificação L32/21 840 - Branca Neutra	Lâmpadas OSRAM Energy Saver
	Diâmetro: 26 mm
	IRC: 85%
	Comprimento: 1.200 mm
	Potência: 32 w + 15 w (reator)
	Fluxo Luminoso: 2.700 lm
	Temperatura de cor: 4.000 K

Quadro 17 – Especificação opcional para lâmpada do tipo 2

	OSRAM	PHILIPS	GE	SYLVANIA
Lumilux cor 31 - 830		-	-	-
Lumilux cor 21 - 840		Super 84	SP x 41	Designer 4000

Quadro 18 – Lâmpadas correspondentes em outras marcas

Especificação dos reatores

Reator de partida rápida da INTRAL

Potência do conjunto (lâmpada + reator): para luminárias com lâmpadas 1 w x 18 w = 28

Relação de Equipamentos por ambiente

Ambiente	Consumo (lâmpada + reator)	Carga total consumida
Cozinha/copa	2(2X32 W) + 60 w	235 w
	1(1X32 W) + 15 w	
Sala de aula	1(2X32 W) + 30 w	94 w
Corredor	1(1X18 W) + 10 w	28 w
Escritório	1(2X32 W) + 30 w	94 w
Banho	2(1X18 W) + 20 w	56 w
Varanda	1(1X18 W) + 10 w	28 w
Área de serviço	1(1X18 W) + 10 w	28 w
CARGA TOTAL		563 w

Quadro 19 – Relação de equipamentos para protótipo da unidade habitacional

Ambiente	Consumo (lâmpada + reator)	Carga total consumida
Varanda	2(1X18 W) + 20 w	56 w
Oficina	1(2X32 W) + 30 w	94 w
CARGA TOTAL		685 w

Quadro 20 – Relação de equipamentos para ampliação do protótipo da unidade habitacional

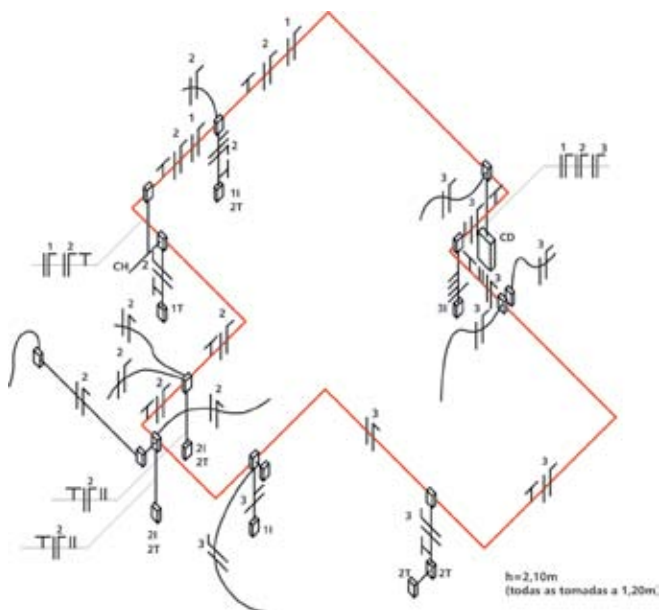


Figura 43 – Projeto elétrico

5.5.3 Influência dos campos eletromagnéticos gerados por aparelhos eletroeletrônicos

Alguns equipamentos geram grandes campos eletromagnéticos (CEMs) e não têm seu efeito reconhecido pelo usuário, que não mantém distanciamento adequado para evitar os danos à saúde que podem advir dessas fontes de exposição.

Conforme Pizzato (2002), em monografia de mestrado do PROPARG, os campos eletromagnéticos podem sofrer deformações no espaço, podendo gerar formas ovulares. Entretanto, devido à dificuldade em determinar a forma específica, o que seria possível somente por cálculos avançados ou medições de campo, consideram-se medidas padrão que reduzem os campos à forma esférica.

A máquina de lavar louça, microondas e máquina de lavar roupa estão entre os equipamentos de forte campo magnético, enquanto o rádio-relógio e o relógio têm campos magnéticos relativamente baixos, porém a eles ficamos expostos por longos períodos. Bueno (1995, p. 122) cita: “A exposição de oito horas seguidas pode justificar as insônias e do-

res de cabeça assim como a fadiga que, pela manhã, alguns usuários acusam [...]. A distância de segurança aconselhada é de 1,5 m”.

Para tornar mais prática a abordagem das relações espaciais que envolvem saúde, CEMs e o planejamento de espaços, são adotadas medidas padrão daquelas medidas médias reconhecidas nas fontes de pesquisa. O importante para Pizzato não é definir as melhores margens de segurança, mas sim verificar a viabilidade da aplicação de quaisquer medidas a serem adotadas num país ou região pelos profissionais da área da arquitetura.

5.5.3.1 Medidas padrão para fiação elétrica

Citados por pesquisadores como Bueno (1995) e Rosa (1994), da Associação de Estudos Geobiológicos (Espanha), os estudos epidemiológicos de N. Wertheimer e Ed Leeper, com seus códigos de fiação, são de ótima referência para classificar as várias situações encontradas na maioria das cidades (Figura 43).

Os cinco níveis definidos por Wertheimer e Leeper são apresentados no Quadro 21.

Nome	Sigla
Configurações de Corrente Muito Alta (Very High Current Configuration)	VHCC
Configuração de Corrente Ordinária Alta (Ordinary High Current Configuration)	OHCC
Configuração de Corrente Baixa (Ordinary Low Current Configuration)	OLCC
Configuração de Corrente Muito Baixa (Very Low Current Configuration)	VLCC
Corrente enterrada: que trata de cabos instalados abaixo do nível do solo, que, quando corretamente executados, possuem um CEM mínimo	

Quadro 21 – Níveis de configuração de corrente

As investigações demonstraram um aumento nos casos de reações adversas à saúde em residências localizadas em zonas de VHCC e OHCC, mais que em zonas OLCC, VLCC e correntes enterradas. Sobre as categorias das redes de distribuição, devemos considerar basicamente as expostas nos códigos de fiação na Figura 42. Ressalvas são feitas às linhas de transmissão de alta voltagem.

Bueno (1995, p. 115) recomenda distâncias entre essas linhas das residências que variam de 112 m a 250 m - orientações dispostas seguindo os pontos cardeais no hemisfério Norte do planeta, devendo ser adaptadas ao hemisfério Sul, que corresponde à situação geográfica da maior parte do Brasil. Aqui se adotará uma média que é representada por Rosa (1994, p. 112): “[...] como a ex-União Soviética, [...] dispõe que não deve existir edifícios a menos de 110 metros de distância de instalações elétricas que possam produzir campos superiores a 25 kv/m”. Para Rosa (1994, p. 112), também poderão ser adotadas médias padrão, tais como: “Na Alemanha se recomenda construir deixando uma distância de segurança de 1 m para cada 1.000 volts de tensão da intensidade da rede elétrica

Polegadas	Metros
1	0,3048
25	7,62
50	15,24
65	19,812
130	39,624
150	45,72

Quadro 22 – Medidas de conversão

[...]”. Essa norma deve ser adotada quando várias configurações de rede se apresentarem em um mesmo local e houver dúvidas da classificação dos códigos de fiação de Wertheimer e Leeper.

Na Figura 44, as medidas estão expressas em pés. O Quadro 22 apresenta a conversão dessas medidas para metros.

5.5.3.2 Medidas padrão para aparelhos eletromagnéticos

A maioria dos equipamentos tem CEM reduzido, normalmente não afetando o indivíduo posicionado a mais de um metro de seu ponto de origem (centro geométrico do objeto). Essa influência ocorre tridimensionalmente, gerando um volume esférico.

Alguns aparelhos elétricos têm medida padrão diferente de 1 metro. São eles:

- a) rádio-relógios: 1,5 m;
- b) televisores até 17 polegadas: 3 m (para aparelhos maiores, as pesquisas são incompletas, mas recomenda-se aumentar a distância proporcionalmente);
- c) aparelho de decodificação de canais de TV a cabo: equipamento pequeno, tem como campo 1,5 m de raio;
- d) microcomputadores: será adotado um raio de 3 m a partir do centro do monitor do vídeo;
- e) aparelho de fax/secretária eletrônica: deve manter o mesmo princípio do rádio-relógio e ter como medida padrão 1,5 m;
- f) aparelho de ar condicionado: seu raio de campo é estipulado em 1,5 m.

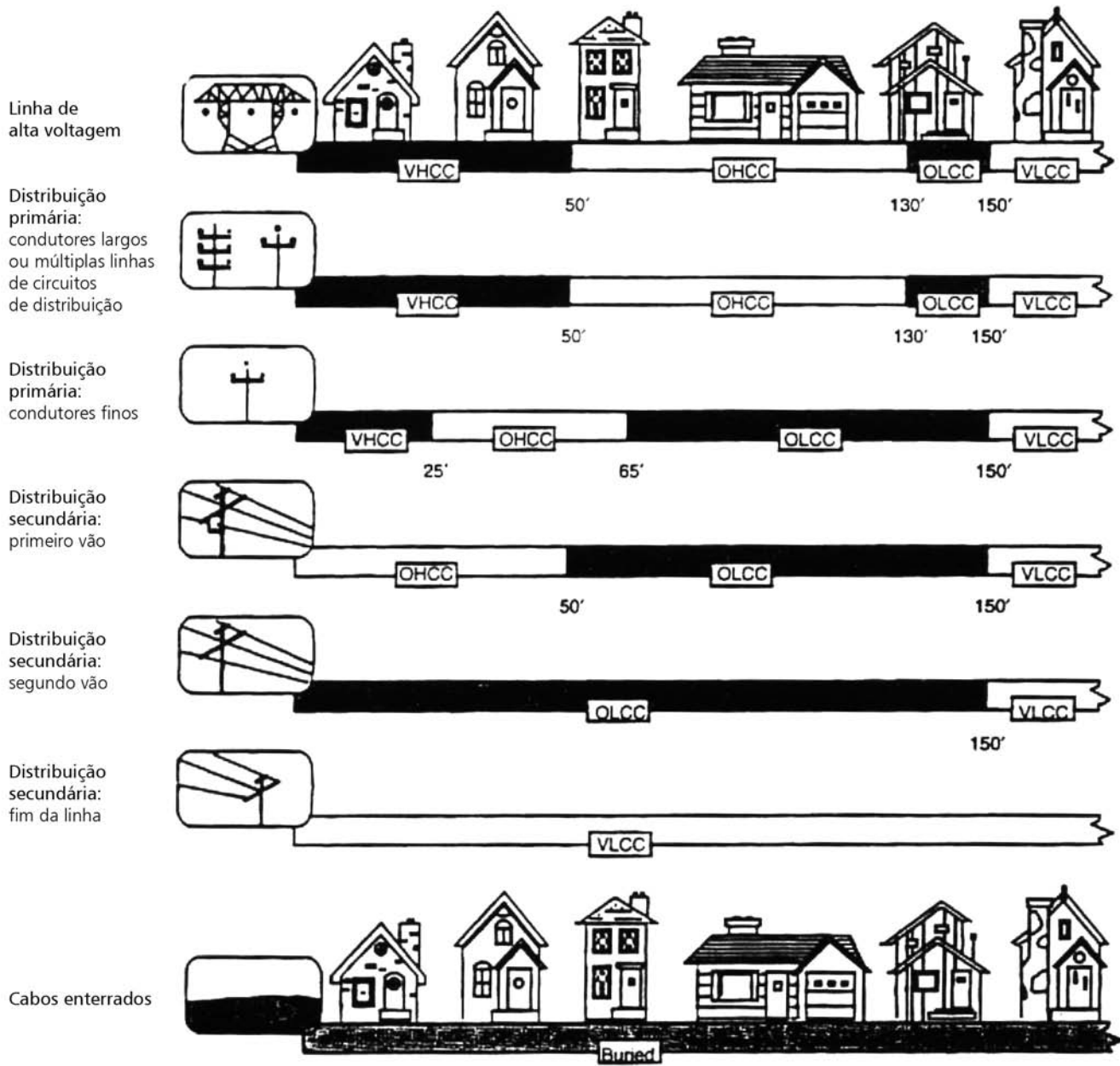


Figura 44 – Representação das configurações de corrente
 Fonte: EBI (1998)

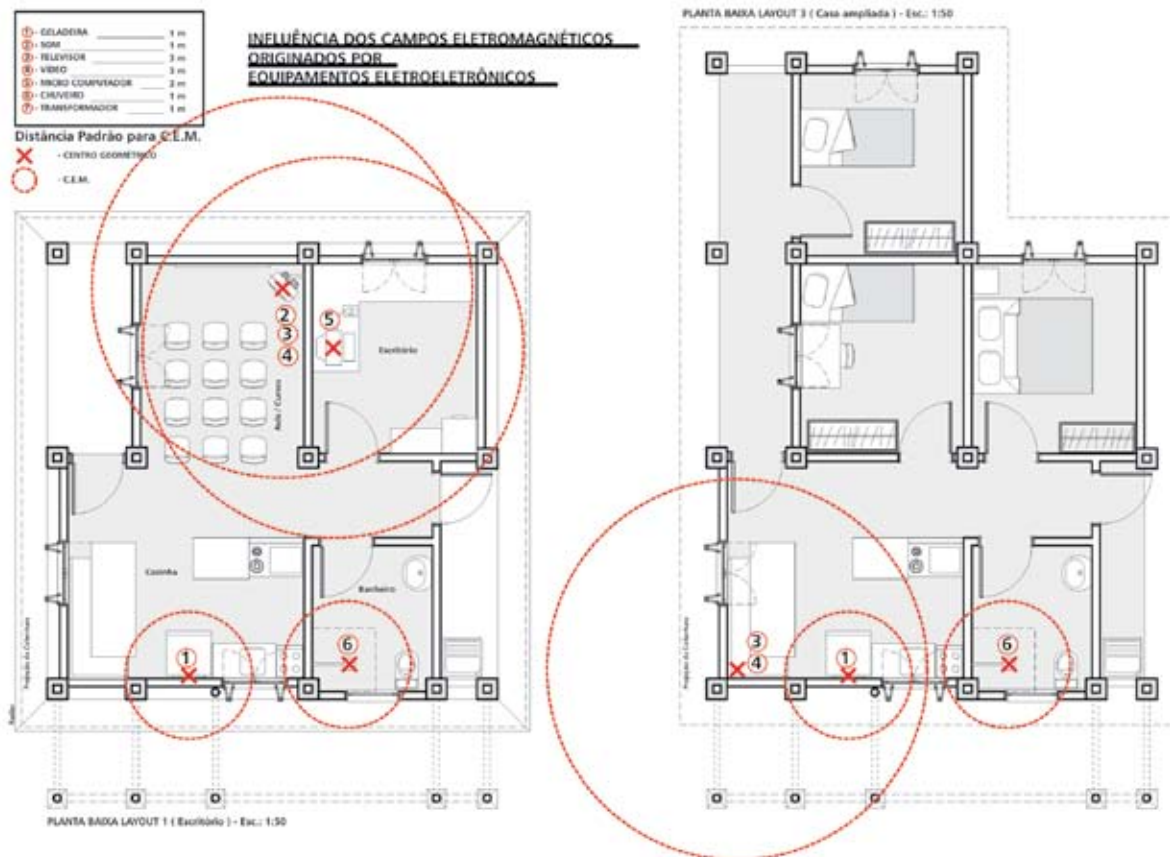


Figura 45 – Representação dos campos eletromagnéticos para a Casa Alvorada

Outros aparelhos de uso proporcionalmente baixo e de uso manual não influem nos princípios estudados pelo fato de que tais aparelhos não estão relacionados diretamente ao planejamento espacial. Entre eles temos barbeador elétrico, secador de cabelo, batedeira, liquidificador, torradeira, espremedor de frutas, etc. No entanto, em todas as pesquisas realizadas, tais aparelhos são incluídos.

5.5.3.3 Medidas padrão para o sistema elétrico de uma edificação

Seguindo a definição da medida padrão para fiações externas, afastamento de 1 m para cada 1.000 volts, dever-se-ia manter mais de 15 cm de distância em relação ao eixo do eletroduto nas cidades com tensão nominal de 127 V. Para a Casa Alvorada, foi proposto um eletroduto de parede localizado a

30 cm de altura em relação ao piso, correndo pela parede, onde foi localizada a cabeceira da cama.

A situação se torna mais crítica para tensões nominais de 220 V (equivalente à medida padrão de 22 cm) e de 380 V (equivalente a 38 cm) em algumas cidades. Quando a instalação é antiga, má executada ou realizada com material de qualidade inferior, a situação é agravada. Recomenda-se, sempre que possível, afastar as tomadas e interruptores a 75 cm da cama.

5.5.3.4 Recomendações gerais para a Casa Alvorada

As recomendações gerais para a Casa Alvorada são:

- a) distribuição da rede elétrica a uma altura de 2,10 m, descendo para cada ponto;
- b) eletrodutos metálicos e aterrados;
- c) tomadas afastadas 75 cm das camas;
- d) camas com a cabeceira orientada para o norte;
- e) equipamentos com CEM maiores aproximados; e
- f) rede geral aterrada.

5.5.4 Sistema de aquecimento de água por coletores solares

A energia solar é uma fonte energética sustentável e pode ser usada como substituta de muitas outras fontes, tais como os derivados de petróleo, o carvão e a eletricidade de geração hidrelétrica. Um dos usos para os quais ela tem sido empregada com sucesso é

o aquecimento de água, seja na escala doméstica ou industrial. Para o aquecimento de água de uso doméstico existem vários sistemas desenvolvidos, entre eles o sistema de circulação natural ou termossifão, que se destaca pelo seu baixo custo, tornando-se acessível à parcela da população menos favorecida.

No Brasil usa-se, preferencialmente, a energia elétrica para o aquecimento de água, principalmente entre as classes mais populares. Se empregarmos a energia solar para o aquecimento de água de uso residencial, diminuiremos boa parcela do consumo de energia elétrica nacional. O uso da energia solar para o aquecimento de água é uma alternativa viável: apresenta baixo custo no longo prazo, é não poluente e inesgotável.

5.5.4.1 Aquecimento de água por termossifão

A seguir é apresentada uma proposta de coletor solar para aquecimento de água por termossifão para uso doméstico.

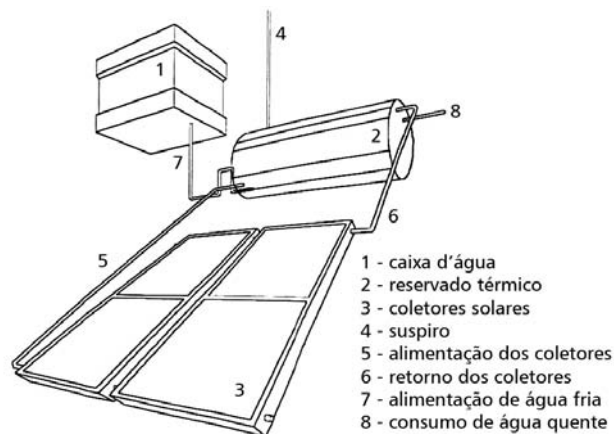


Figura 46 – Esquema básico de coletor solar
Fonte: ABRAVA (1996)

A Figura 46 mostra esquematicamente a disposição dos elementos que formam um coletor solar: o painel coletor (responsável pelo aquecimento da água através da radiação solar absorvida) e o reservatório (onde é reservada a água aquecida).

O depósito deve estar acima do painel do coletor.

A água é aquecida no painel coletor, tornando-se menos densa, subindo para o reservatório e dando lugar à água fria, mais densa, dele proveniente. Por fim, esta também irá se aquecer, retornando ao reservatório.

Quanto maior é a altura, melhor é a eficiência (fluxo de água) do coletor. Essa distância assegura que à noite não ocorrerá o processo inverso, isto é, expulsão da água aquecida do reservatório (STONER, 1974; SZOKOLAY, 1978).

5.5.4.2 O painel solar

O painel solar recebe a incidência da energia solar, que é absorvida mais acentuadamente quando o painel possui superfícies escuras, que assim é aquecido e aquece a água em seu interior.

A Figura 47 e o Quadro 23 apresentam as partes que compõem o painel solar.

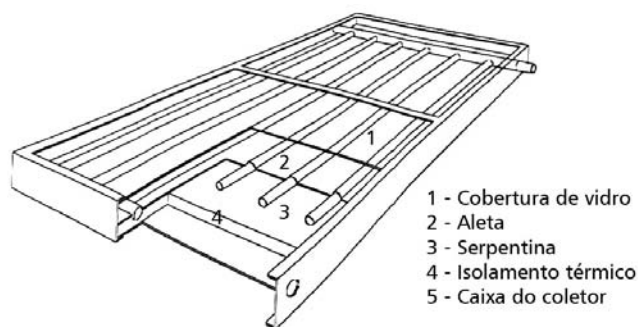


Figura 47 – Componentes do painel solar
Fonte: ABRAVA (1996)

Componente	Material
Caixa do coletor	Metal ou madeira - deve resistir às intempéries
Cobertura	Vidro - é opcional e aumenta consideravelmente o desempenho
Tubos	É por onde circula a água. Pode ser de cobre, aço galvanizado ou PVC rígido. Deve ter grande condutibilidade térmica e resistir à corrosão
Aletas	Conduzem calor até os tubos, de material de elevada condutividade térmica. São pintadas com tinta preta fosca para aumentar a absorção da energia incidente
Isolamento térmico	Para evitar perda de calor no fundo e laterais, deve ser resistente a altas temperaturas, tal como a lã de vidro, serradura seca, palha, etc. (STONER, 1974)
Tinta	Pode ser usada uma mistura de óleo de linhaça e pigmento de carvão (STONER, 1974)

Quadro 23 – Relação de componentes e materiais para o coletor solar

5.5.4.3 O reservatório térmico

A armazenagem da água aquecida no coletor solar deve ser feita com a menor perda de calor possível. A Figura 48 mostra o funcionamento básico do sistema por termosifão.

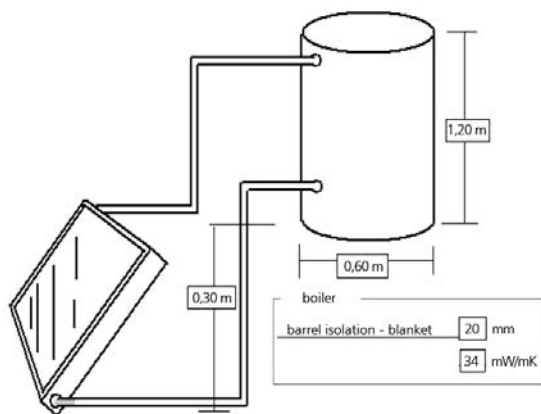


Figura 48 – Aquecedor de água por termosifão
Fonte: SZOKOLAY (1978)

O isolamento térmico do reservatório de água aquecida é fundamental para o bom desempenho do sistema. O material empregado pode ser papel, fibra vegetal e poliestireno expandido, entre outros. Deve possuir um revestimento externo resistente às intempéries. O reservatório deve estar no mínimo a 30 cm acima da parte superior do coletor, sob pena de perda de eficiência do sistema (SZOKOLAY, 1978).

5.5.4.4 A posição do coletor solar

Devido aos movimentos de translação e rotação da Terra, os raios solares atingem a superfície de determinado local de forma diferente no decorrer do ano. Por esse motivo é importante se conhecerem os

ângulos de inclinação em relação à horizontal (altitude solar) e a orientação em relação ao norte verdadeiro (azimute), para determinar a posição mais adequada dos coletores solares (Figura 49).

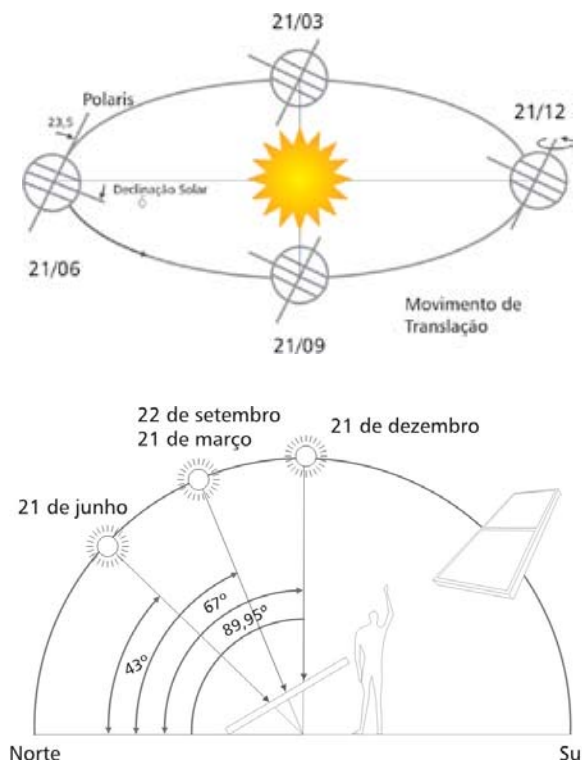


Figura 49 – Movimento de translação solar e variação da altura solar nas diferentes estações para uma cidade localizada quase sob um dos trópicos
Fonte: ABRAVA (1996)

O painel solar deve ser posicionado perpendicularmente ao fluxo de radiação solar. Dessa maneira, interceptará o máximo de radiação possível, absorvendo maior quantidade de energia (Figura 49). Como a altitude solar não é a mesma no decorrer do ano, só

teremos os raios solares incidindo sempre perpendicularmente à superfície dos painéis se estes forem móveis,acompanhando a trajetória solar. Se o coletor solar for mantido fixo, a absorção da energia radiante variará de acordo com o ângulo de incidência dos raios.

Os painéis solares fixos devem ser inclinados em relação à horizontal de um ângulo igual à latitude do local mais 10° a 15°. Desejando-se água quente ao meio-dia, o painel deve estar levemente voltado para nordeste. Caso se deseje água quente à noite, volta-se o coletor para noroeste (COMETTA, 1978; LUIZ, 1985; STONER, 1974; SZOKOLAY, 1978). Segundo Stoner (1974), uma regra básica para o pré-dimensionamento de coletores é considerar para cada 4,5 litros de água aquecida 0,1 m² de superfície de painel.

5.5.4.5 Pré-dimensionamento do coletor solar

O pré-dimensionamento do coletor, considerando uma família de classe popular, composta de cinco pessoas e um volume de água aquecida para ser usada apenas para banho, é o seguinte:

- Volume de água consumido diariamente (estimado para cinco pessoas):
- Número de pessoas = 5
- Vazão de chuveiro econômico = 4 litros/min
- Duração de um banho = 8 min
- Consumo = 5 pessoas x 4 litros/min x 8 min = 160 litros ≅ 160 kg
- Temperatura desejada da água:

$$T_f = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Temperatura ambiente (estimativa para o mês de julho/média mensal) (TONDELO, 1998):

$$T_i = 14 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Insolação média no Rio Grande do Sul (estimativa para o mês de julho/média mensal) (TONDELO, 1998):

$$H_T = 13,05 \text{ MJ/m}^2$$

- Calor específico da água:

$$c = 4,186 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$$

- Eficiência do coletor (SZOKOLAY, 1978):

$$\eta = 50\%$$

A eficiência de um coletor solar é dada por:

$$\eta = \frac{Q}{H_T \cdot A}, \text{ onde:}$$

η = eficiência do coletor;

Q = quantidade de energia térmica necessária para se atingir a temperatura desejada da água;

H_T = intensidade média de radiação solar que incide sobre o painel; e

A = superfície do painel para absorção de radiação solar.

A quantidade de energia térmica necessária para se aquecer a água de 14 °C (temperatura ambiente) a 40 °C (temperatura da água para banho) é dada por:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T,$$

onde:

c = calor específico da água;

m = massa da água; e

$\Delta T = T_f - T_i$, variação da temperatura.

Logo:

$$Q = 4186 \frac{J}{kg^{\circ}C} \cdot 160 \text{ kg} \cdot (40^{\circ}C - 14^{\circ}C) = 17,4 \times 10^3 \text{ kJ}$$

Substituindo esses valores na expressão de eficiência de um coletor, obtém-se a superfície necessária para a absorção:

$$\eta = \frac{Q}{H_T \cdot A} \quad \therefore A = \frac{Q}{H_T \cdot \eta} = \frac{17,4 \times 10^3 \text{ kJ}}{13,05 \times 10^3 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2} \cdot 0,50}$$

$$A \cong 3,00 \text{ m}^2$$

Essa área será dividida em dois painéis de 1,0 m x 1,5 m. O volume do reservatório deve obedecer à relação de 75 litros para cada metro quadrado de coletor, não podendo extrapolar os limites máximo e mínimo de 50 e 100 litros. Neste estudo foi considerado um reservatório de aproximadamente 200 litros, obtendo-se a relação de 66,7 litros/m², valor que se encontra dentro dos limites acima apresentados (TONDELLO, 1998).

5.5.4.6 Orçamento

Apresenta-se a seguir um orçamento aproximado do custo do coletor solar. Consideram-se três possibilidades: tubulações em PVC rígido, em ferro galvanizado ou em cobre, para fins de comparação de custos.

Descrição para compra	Especificação dos componentes	Qtde	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Chapa metálica ondulada	2 folhas de 1,00 m x 1,50 m	3,0 m ²	8,50	25,50
Madeira compensado esp. = 12 mm	4 peças de 1,00 m x 0,20 m 4 peças de 1,00 m x 1,50 m 4 peças de 0,97 m x 0,20 m	7,6 m ²	6,20	47,12
Pregos	Bitolas variadas	2 kg	2,50	5,00
Cedrinho (sarrafos de 2,5 x 2,5 cm)	4 peças de 0,97 m 4 peças de 1,43 m	9,60 m	0,32	3,07
Arame BWG 18	-	1 kg	2,11	2,11
Tinta látex preta fosca	-	3 litros	5,50	16,50
Chapa metálica esp. = 2 mm	16 peças de 200 mm x 100 mm 4 peças de 800 mm x 200 mm	11 kg	0,70	7,70
Parafuso com porcas $\phi = 5$ mm	Comprimento variável	40 un.	0,40	16,00

Quadro 24 – Orçamento para o coletor solar

Descrição para compra		Especificação dos componentes	Qtde	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Tubulação	opção 1	Cobre 22 mm	30 m	5,20	156,00
	opção 2	Aço galvanizado ¾"		3,19	95,70
	opção 3	PVC água quente ¾"		3,10	93,00
Luvas	opção 1	Cobre 22 mm	10 un.	0,54	5,40
	opção 2	Aço galvanizado ¾"		1,00	10,00
	opção 3	PVC água quente ¾"		0,15	1,50
Curva 90	opção 1	Cobre 22 mm	16 un.	1,20	19,20
	opção 2	Aço galvanizado ¾"		1,20	19,20
	opção 3	PVC água quente ¾"		0,78	12,48
Tê 90	opção 1	Cobre 22 mm	18 un.	1,51	27,18
	opção 2	Aço galvanizado ¾"		1,50	27,00
	opção 3	PVC água quente ¾"		0,90	16,20
Adaptadores reservatório		flanges	5 un.	3,30	16,50
Registro de gaveta		20 mm (¾")	1 un.	7,70	7,70
Mangueira plástica		φ = 50 mm	10 m	3,10	31,00
Totais	opção 1	Cobre 22 mm			385,98
	opção 2	Aço galvanizado ¾"			330,10
	opção 3	PVC água quente ¾"			301,38

Quadro 25 – Orçamento com opções de componentes
Fonte: REGISUL (julho/99)

O maior valor é para o uso de tubulações em cobre (R\$ 386,00), enquanto o menor valor é alcançado quando as tubulações são em PVC para água quente (R\$ 300,00). No entanto, o valor para o aço galvanizado ficou muito próximo daquele correspondente ao PVC, cerca de 10% acima do valor deste (R\$ 330,00).

Devido à maior durabilidade das tubulações metálicas diante do PVC e considerando o maior impacto ambiental deste último, é aconselhável o emprego das tubulações em aço galvanizado.

5.5.5 Sistema de captação de água de chuva

O sistema de captação de água de chuva proposto (Figura 50) é constituído pelo telhado (53 m²), por uma calha e por um reservatório para armazenamento da água de chuva coletada. Também são utilizadas canalizações para a condução da água da calha ao reservatório e deste até a caixa de descarga. Não foi previsto um reservatório para armazenamento de água fornecida pela concessionária.

A calha deve ser executada com chapas galvanizadas, com uma seção de 15 cm x 15 cm, considerada suficiente para possibilitar o escoamento da água de chuva, com inclinação mínima de 0,5%. A calha deverá receber pintura externa e interna. Para impedir o acúmulo de folhas e detritos no reservatório, o sistema prevê a colocação na calha de tela do tipo mosquiteiro em forma de rolo. A fixação deste será feita com arames.



Figura 50 – Sistema de coleta de água de chuva

O reservatório, em poliuretano estrutural, a ser utilizado deve ter capacidade para armazenar 1.000 litros; o vaso sanitário a ser utilizado terá caixa de descarga acoplada com capacidade para permitir descargas de 6 litros. O sistema possibilita o abastecimento da caixa acoplada direto do reservatório de água da chuva ou, alternativamente, da tubulação de água tratada pela concessionária. O controle deve ser realizado pelo usuário através do registro colocado para tal fim, com o auxílio de um tubo transparente para a visualização do nível de água do reservatório de água da chuva.

O reservatório possui um expurgo, para casos eventuais, dispondo de um tanque reciclado de óleo, com capacidade para 200 litros. Essa água poderá ser utilizada para fins diversos: horta, jardim, etc. O sistema de captação de água da chuva para o galpão do horto local é similar ao proposto para o protótipo da unidade habitacional.

Em função da área do telhado do protótipo (53 m²), considerando a média mensal do índice pluviométrico da cidade de Porto Alegre (148,23 mm), para fins de referência, pode-se inferir que, por mês, a quantidade de água da chuva a ser coletada é de 7.845 litros. Considerando uma família de cinco pessoas, o uso de uma descarga de 6 litros e um uso diário da descarga de quatro vezes por dia por pessoa, a quantidade de água diária que se necessita para a descarga do vaso é de 120 litros (5 pessoas x 4 descargas x 6 litros/descarga.pessoa). Utilizando-se um reservatório de captação de água da chuva com capacidade de 1.000 litros, essa quantidade de água abasteceria a descarga do vaso durante, aproximadamente, 8 dias. O Quadro 26 apresenta o detalhamento dos componentes para os dois sistemas.

Componente	Protótipo	Galpão
Reservatório de água de chuva Capacidade: 1.000 litros (poliuretano)	1	2
Vaso c/ descarga acoplada. Cap.: 6 litros	1	1
Calhas de aço galvanizado. Seção 15 x 15 cm	8,20 m	17 m
	Ø50: 6 m	Ø50: 8 m
Tubulação em aço galvanizado	Ø25: 1,5 m	Ø25: 1,5 m
Tanques de aço reciclados. Cap.: 200 litros	1	2
Tecido plástico	7 m ²	15 m ²

* Inclui sistema de captação de água de chuva e sistema de abastecimento de água potável no protótipo e no galpão.

Quadro 26 – Componentes do sistema para o protótipo e o galpão

5.5.6 Projeto sanitário e sistema de tratamento de esgoto doméstico

O projeto básico de tratamento de efluentes líquidos domésticos para as três unidades habitacionais no horto do município de Alvorada se baseia no conceito de infra-estrutura ecológica, sendo esses efluentes encarados como recursos úteis ao próprio local onde são produzidos.

O esgoto produzido na habitação será aproveitado por estar enriquecido com matéria orgânica, sendo um insumo passível de utilização para a produção orgânica, após adequado tratamento.

5.5.6.1 Diretrizes gerais

Os elementos que constituem o projeto visam constituir um sistema de tratamento local de águas residuárias, dando origem a um ciclo de produção e consu-

mo que se inicia na habitação, passa pela fossa séptica, filtro de areia, leito de evapotranspiração, lagoa de estabilização e horta doméstica, retornando à habitação na forma de nutrientes dos alimentos (Figura 51).

5.5.6.2 Instalação na unidade

As águas residuárias coletadas na unidade terão por origem o tanque da área de serviço, da pia da cozinha e do vaso sanitário, lavatório e chuveiro do banheiro.

Os resíduos do tanque e do banheiro irão para uma caixa de inspeção, do lado externo da unidade habitacional, enquanto os resíduos da pia da cozinha passarão primeiro por uma caixa de gordura, para depois se juntar aos demais, em uma segunda caixa de inspeção, onde se iniciará o processo de transformação dos resíduos.

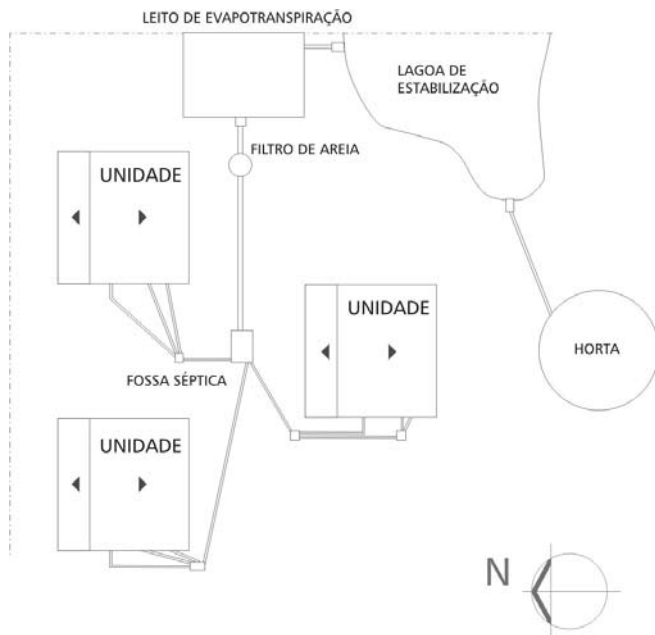


Figura 51 – Esquema da proposta de tratamento de águas residuárias

5.5.6.3 Fossa séptica

Constitui o tratamento primário do sistema. Nela serão realizados a flotação, a decantação e o início da digestão dos resíduos provenientes dos esgotos da unidade habitacional.

O tanque será compartimentado através de dois tabiques de concreto, o que permite a separação do efluente em três partes: espuma, líquido e lodo. Dessa forma, o lodo fica concentrado e facilita a limpeza da fossa. A operação de limpeza deve ocorrer em um intervalo variável de 1,5 a 3 anos.

A fossa será de uso coletivo, atendendo às três residências descritas em projeto.

5.5.6.4 Filtro de areia

Constitui o tratamento secundário do sistema. Sua função está em reduzir a carga de DBO do efluente que será lançado no leito de evapotranspiração. Tal cuidado se deve à pouca distância que existe entre

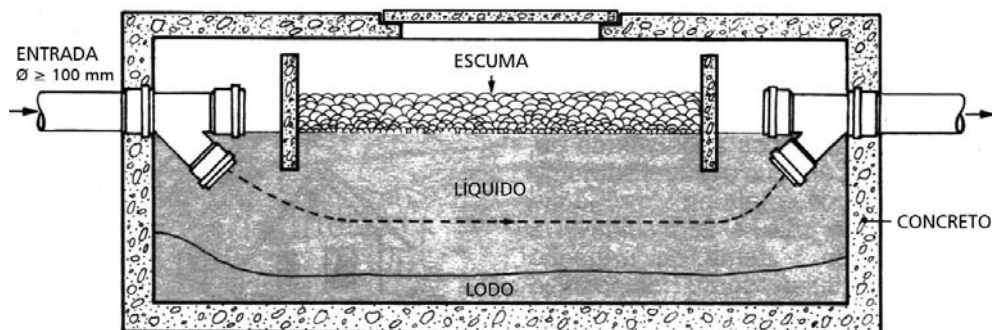


Figura 52 – Esquema geral da fossa séptica

Fonte: Manual Técnico de Instalações Hidráulicas e Sanitárias (1987)

uma das unidades e o leito, o que poderia atrair uma quantidade indesejável de mosquitos ou de outros insetos incômodos às atividades nas edificações.

Paim e Chaves (1995) sugerem que os filtros de areia tenham a sua camada superior, de aproximadamente 1 cm, periodicamente removida. A areia retirada pode ser lavada e devolvida ao filtro. A água da lavagem deverá ser conduzida ao leito de evapotranspiração, para que os nutrientes dissolvidos durante a lavagem contribuam para o desenvolvimento das plantas.

5.5.6.5 Leito de evapotranspiração

O leito de evapotranspiração possibilita o tratamento terciário. Ele recebe o efluente do filtro de areia, que é absorvido ou transformado em vapor de água através das plantas colocadas no leito. A água e os nutrientes provenientes do filtro de areia são captados pelas raízes das plantas, convertendo-os parte em nutrientes utilizados em seu crescimento e parte em água, que se transforma em vapor, o qual passa da folha para o ar à sua volta.

O leito de evapotranspiração do Horto de Alvorada consiste em uma escavação com 1 m de profundidade, preenchido com quatro camadas de brita grossa, brita fina, areia e, por último, terra vegetal. As camadas possuem uma altura de 20 cm, com exceção da camada de terra vegetal, com 40 cm, para o estabelecimento de vegetação de maior porte.

As paredes e o fundo serão de concreto impermeável, evitando-se o risco de contaminação do lençol freático.

A Figura 53 ilustra o modelo básico de um leito de evapotranspiração com as camadas de granulometria variada.

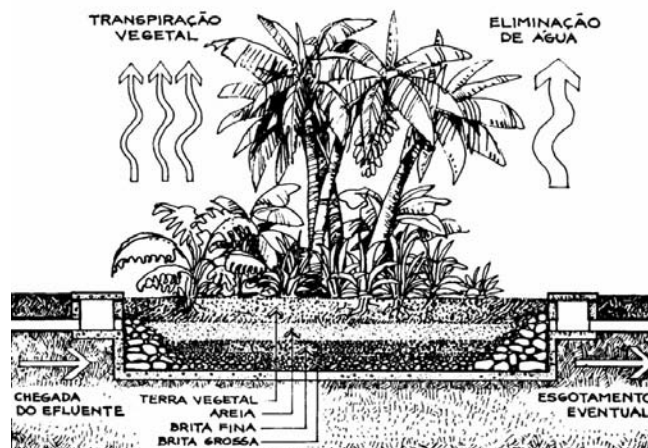


Figura 53 – Leito de evapotranspiração
Fonte: MASCARÓ (1991)

5.5.6.6 Lagoa de estabilização

Apesar de o leito de evapotranspiração constituir um eficiente sistema final no esquema geral do esgoto, optou-se por acrescentar uma lagoa de estabilização por motivos paisagísticos, ou seja, para oferecer uma ambientação mais harmônica ao lote.

As lagoas de estabilização funcionam, de modo geral, da seguinte forma: os efluentes são depositados e mantidos durante determinado número de dias, onde o simples contato com o ar e os raios solares atuam na digestão dos esgotos pela criação de algas microscópicas em seu interior (MASCARÓ, 1991).

A lagoa de estabilização que atenderá às três unidades do Horto de Alvorada receberá o excesso

de água do leito de evapotranspiração e contribuirá, em sua saída, para a irrigação das hortas domésticas do tipo mandala.

5.5.7 Secador solar de alimentos (folhas e frutos)

O secador solar de alimentos proposto para o horto do município de Alvorada constitui um equipamento de baixo custo para ser utilizado na desidratação de frutos e folhas.

A secagem ou desidratação dos frutos permite armazenar e conservar o excedente que for produzido no lote, utilizando-se um sistema solar com baixíssimo custo energético.

5.5.7.1 Princípios gerais

O sistema se baseia na coleta e no aquecimento solar do ar e sua circulação entre os frutos ou folhas, promovendo sua desidratação por meio da evaporação da água e de algumas substâncias voláteis constituintes dos produtos.

Seymour (1986) descreve o funcionamento de um secador, o qual foi adaptado para o lote do Horto de Alvorada.

Na Figura 54 podem ser observados os seguintes componentes:

- 1) tabuleiro regulável;
- 2) fundo pintado de preto;
- 3) placa de vidro;
- 4) camada de pedras e telas com os frutos e folhas; e
- 5) abertura regulável para permitir ou barrar a saída do ar aquecido.

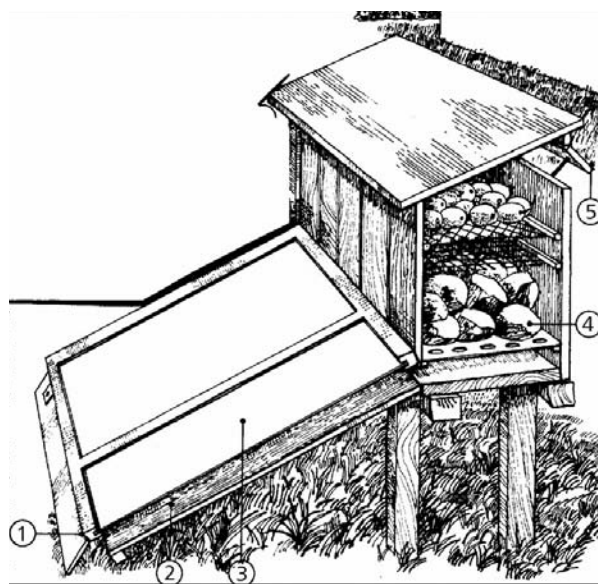


Figura 54 – Secador solar
Fonte: Seymour (1986)

No Rincão Gaia, em Pântano Grande, encontra-se implantado um modelo de secador similar a um móvel, do tipo gaveteiro. Os frutos e folhas são dispostos nas gavetas, que possuem um fundo de tela, permitindo a passagem do ar aquecido entre os alimentos. A foto do secador solar do Rincão Gaia está inserida na Figura 55, onde pode ser notada a semelhança de desenho com o do secador proposto por Seymour.

Em Embrater (1980), encontram-se detalhadas as bandejas de um secador de frutos ao ar livre. As principais recomendações definem que as dimensões das bandejas devem ser de 35 cm x 60 cm, para facilitar sua manipulação, e possuir as mesmas dimensões para possibilitar o empilhamento. O fundo

das bandejas deve ser de tela, para permitir a passagem do ar, e é recomendável que essas bandejas ou gavetas possuam paredes laterais para evitar a queda de seu conteúdo.



Figura 55 – Secador solar do Rincão Gaia
Foto: Luciana Miron

5.5.7.2 Diretrizes adotadas para o secador solar do Horto de Alvorada

Para o Horto de Alvorada, foi proposto um modelo de secador solar adaptado de Seymour (1986) e do Rincão Gaia, seguindo os critérios citados pela Embrater (1980).

O secador solar de frutos será composto de um painel com lâmina de vidro, fundo pintado de preto e compartimento dos frutos e folhas. Nesse compartimento os frutos e folhas serão colocados em gavetas,

de maneira semelhante a do Rincão Gaia, com fundo de tela seguindo as dimensões recomendadas pela Embrater (1980).

Optou-se por colocar uma abertura na parte de baixo do gaveteiro, para a limpeza e retirada de resíduos gerados pelo manuseio dos frutos.

5.5.8 Composteira

A composteira é um recipiente no qual se prepara o composto orgânico.

Os agricultores europeus do século XIX usavam o esterco de curral para conseguir produtividade superior na agricultura. Acredita-se que o composto orgânico começou a ser estudado antes da Primeira Guerra Mundial, na Índia, por um cavalheiro britânico que registrou as virtudes do composto e realizou diversas experiências na antiga colônia inglesa (ASSIS, 1991).

No entanto, o composto orgânico existe desde o surgimento dos vegetais, pois qualquer vegetal que se deposite no solo e se decompõe de forma aeróbia dá origem ao composto orgânico.

5.5.8.1 Princípios gerais

O essencial para o desenvolvimento do composto orgânico é a presença de bactérias e substâncias ricas em nitrogênio, em contato com a matéria vegetal, acelerando sua decomposição. Complementando a mistura, o calor e a umidade contribuem de forma decisiva. A umidade estimula a multiplicação de bactérias, e o calor produz as alterações físicas na matéria (ASSIS, 1991).

Um fator decisivo na qualidade de um composto é o emprego de minhocas adicionadas ao composto, para produção de húmus. O húmus é um produto orgânico, inodoro e finamente granulado. Ele é um produto da digestão do composto pelas minhocas, que resulta um produto muito rico em nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, além de micronutrientes como zinco, ferro e cobre, entre outros (VIEIRA, 1986).

Alguns critérios para a localização da composteira são:

- a) o local deve ficar, no mínimo, a 20 m de poços e fontes de água, para evitar a contaminação por infiltração ou escoamento do chorume;
- b) construir a composteira próximo ao local onde o húmus será usado;
- c) deve ficar em área plana e não sujeita a alagamentos.

A utilização de dois compartimentos em uma composteira é muito conveniente, pois se pode intercalar o seu uso, empregando o conteúdo de um, enquanto o outro sofre o processo de maturação.

5.5.8.2 Diretrizes adotadas para a composteira do Horto de Alvorada

Optou-se por utilizar os mesmos tijolos das paredes da unidade habitacional, com as juntas não argamassadas, seguindo o modelo do Rincão Gaia.

O formato da composteira é circular, com dois compartimentos e um espaço interno para o plantio de um limoeiro. A função do limoeiro é absorver o chorume originado das alterações físicas e químicas do composto.



Figura 56 – Composteira construída no Rincão Gaia, com dois compartimentos
Foto: Luciana Miron

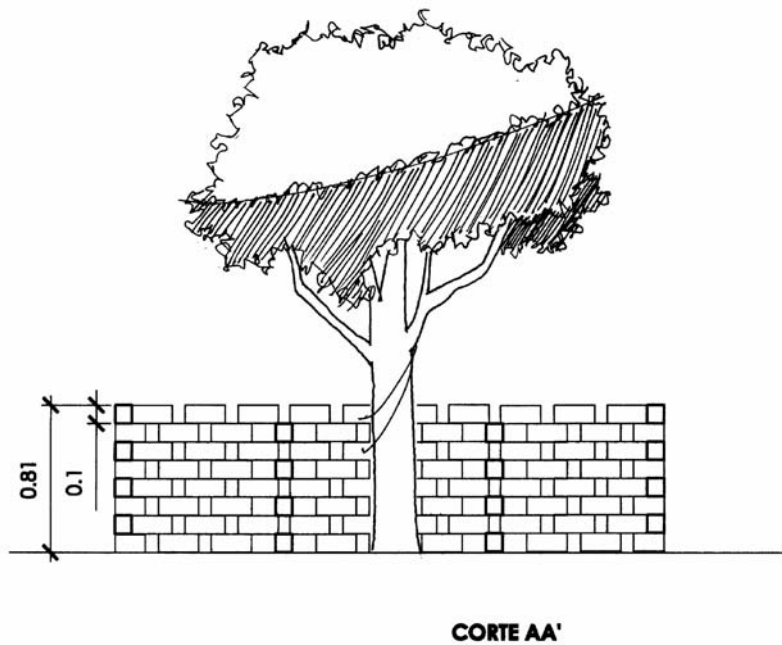
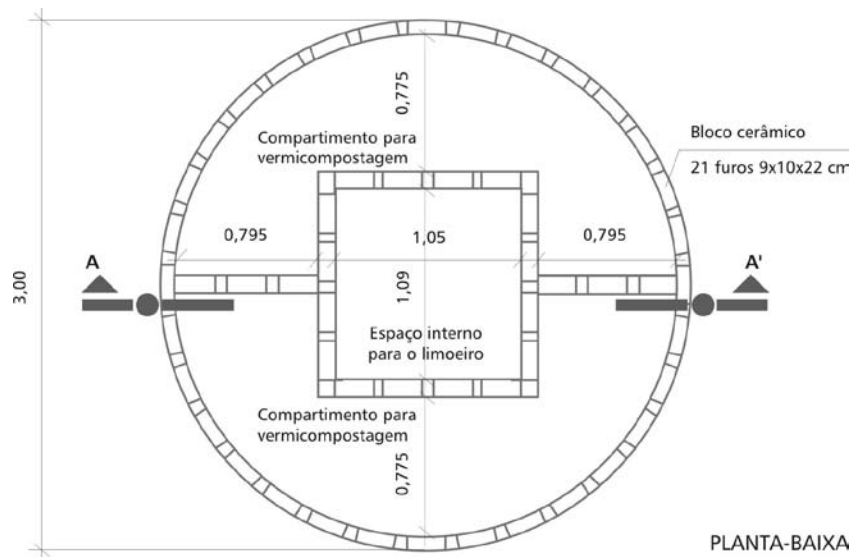


Figura 57 – Detalhamento da composteira proposta

Apêndices

Apêndice A - Memorial descritivo

1 Protótipo Alvorada

Residência unifamiliar composta de 2 quartos, sala e cozinha conjugados, 1 banheiro universal, área de serviço, constituindo 48,5 m² de área construída, pé-direito variável, conforme figuras da seção 5.5. Prevista ampliação, para constituição de uma oficina de trabalho de 7,40 m² de área útil, conforme a Figura 33.

2 Paredes externas e internas

Paredes de meio tijolo e pilastras (reforços das paredes), ambos feitos com tijolos cerâmicos maciços, de dimensões 5,5 cm x 11 cm x 23 cm, assentados com argamassa de assentamento de traço 1:2:9 (cimento, cal, areia) em volume, resultando numa capacidade portante de 4 kgf/cm². As fiadas de assentamento, bem como a modulação, devem ser feitas conforme a Figura 58.

3 Cobertura

Cobertura de duas águas, e a parte da água orientada para o norte, que se situa sobre a varanda, não recebe ripamento nem telhas, constituindo um pergolado de 1,15 m x 3,05 m. Todas as faces dos caibros da estrutura de cobertura devem receber testeiros de madeira.

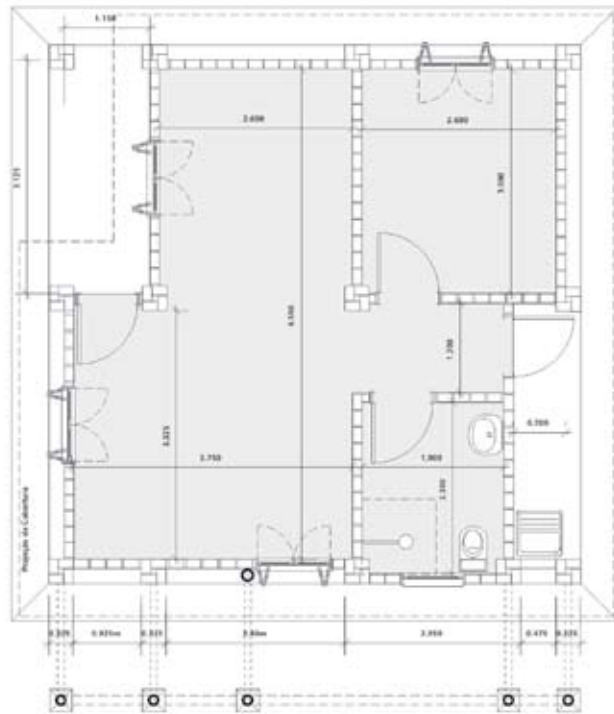
Apoiada sobre uma cinta de amarração em concreto fck 15 MPa, nas dimensões de 10 cm x 25

cm, conforme a Figura 60, compõem-se em madeira de reflorestamento (*Eucalyptus citriodora*) serrada, nas dimensões para terças 6 cm x 16 cm, caibros de 5 cm x 6 cm, ripas de 1,5 cm x 5 cm e telhas cerâmicas do tipo romana. O forro deve ser colocado entre as terças, pregado na face inferior dos caibros. Chapas de *offset* recicladas devem ser pregadas sobre os caibros, com a função de isolamento térmico. Os beirais não devem ter forro, para permitir a ventilação da cobertura, devendo ser protegidos contra a entrada de insetos e aves, com a colocação de uma tela de trama fina. Para a substituição da madeira serrada pela madeira roliça, deverão ser obedecidas duas condições: a área da seção substituída deve ser igual à do quadrado inscrito na peça circular; e o lado desse quadrado inscrito deve ser maior ou igual à menor dimensão da seção transversal da peça original (por exemplo, para a substituição de uma peça de 5 cm x 10 cm por uma peça roliça, o quadrado inscrito na peça de seção circular deve ter área de 50 cm². Uma peça roliça de 8 cm de diâmetro, que inscreve um quadrado inscrito de 5,65 cm de lado, já seria suficiente para atender às duas condições). As peças de madeira da estrutura de cobertura devem ser tratadas por imersão com óleo queimado, obtido de postos de abastecimento de combustível.

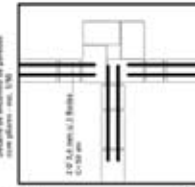
Deverão ser observados os detalhes de colocação de rufos metálicos (algeroz), para a proteção e a integridade da residência.

4 Revestimento

Revestimento de paredes - impermeabilizante em paredes com alvenaria de tijolos à vista, e argamas-



PLANTA BAIXA
Primeira Fiada de Tijolos - Esc.: 1:50



PLANTA BAIXA
Segunda Fiada de Tijolos - Esc.: 1:50

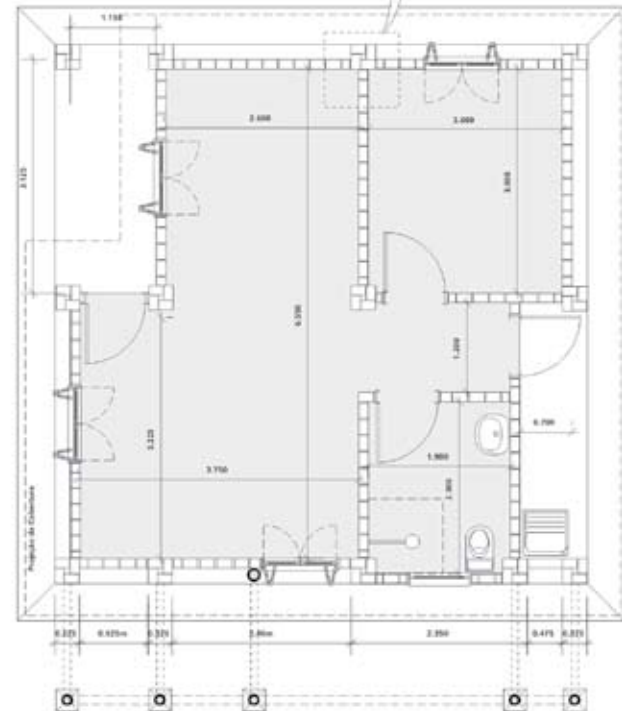


Figura 58 – Modulação das fiadas de assentamento dos tijolos

sa de revestimento, de traço 1:2:9 (cimento, cal, areia) em volume, com acabamento em pintura epóxi, nas paredes do banheiro, e pintura látex PVA, nas demais. As cores definidas para as paredes com revestimento são amarelo, para as internas, e branco, para as externas.

Revestimento de pisos - cimento alisado e detalhes em cacos de cerâmica alto tráfego antiderrapante, formando mosaicos, conforme a Figura 60.

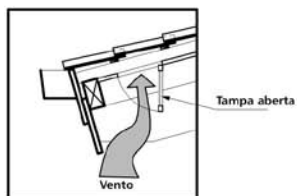
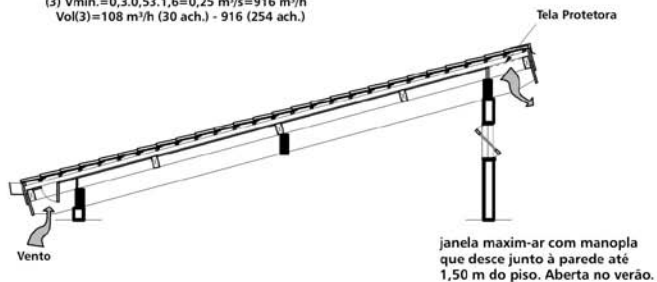
VENTILAÇÃO DO FORRO - Hipóteses de dimensionamento do colchão de ar - Esc.: 1:50

SITUAÇÃO VERÃO - Esc.: 1:50

Considerando 3 áreas*:

Vol(1)=1,77 m³ Vol(2)=2,72 m³ Vol(3)=3,6 m³
vent. - SUCCÃO (E, ESE, SE)
o pico=2,6 m/s o min.=1,6 m/s (pior condição)

(1) V_{min.}=0,3.0,26.1,6=0,12 m³/s=449 m³/h
Vol(1)=53,1 m³/h (30 ach.) - 449 (253 ach.)
(2) V_{min.}=0,3.0,4.1,6=0,19 m³/s=691 m³/h
Vol(2)=81,6 m³/h (30 ach.) - 691 (254 ach.)
(3) V_{min.}=0,3.0,53.1,6=0,25 m³/s=916 m³/h
Vol(3)=108 m³/h (30 ach.) - 916 (254 ach.)



Para verão:
O telhado deve ventilar através do forro.

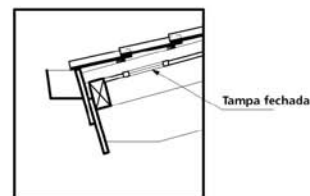
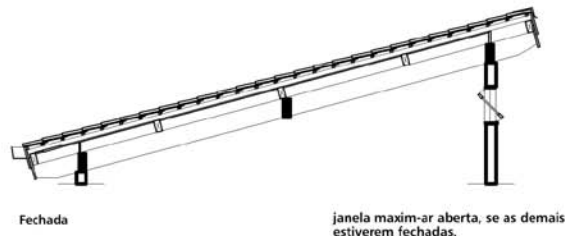
Área de abertura da tampa
(0,25 x 0,45) = 0,1 m²

SITUAÇÃO INVERNO - Esc.: 1:50

Considerando 3 áreas*:

Vol(1)=1,77 m³ Vol(2)=2,72 m³ Vol(3)=3,6 m³
vent. - PRESSÃO (W) - desfavorável
o pico=2,6 m/s (pior condição) o min.=1,0 m/s

(1) V_{min.}=0,6.0,26.2,6=0,41 m³/s=1460 m³/h
Vol(1)=53,1 m³/h (30 ach.) - 1460 (824 ach.)
(2) V_{min.}=0,6.0,4.2,6=0,62 m³/s=2246 m³/h
Vol(2)=81,6 m³/h (30 ach.) - 2246 (82 6ach.)
(3) V_{min.}=0,6.0,53.2,6=0,82 m³/s=2976 m³/h
Vol(3)=108 m³/h (30 ach.) - 2976 (827 ach.)



Para inverno:
O telhado deve estar isolado, evitando perdas de calor.
Aberturas fechadas.

128 Figura 59 – Detalhes de ventilação do telhado

5 Esquadrias

Janelas dos quartos e da cozinha: em madeira de eucalipto *citriodora*, com 1,00 m x 1,00 m, com quatro folhas de venezianas e duas folhas, para fechamento em vidro plano liso de 4 mm.

Janela do banheiro: em madeira de eucalipto *citriodora*, com 65 cm x 85 cm, do tipo *maxim-ar*.

Janelas superiores: em madeira de eucalipto,

com 150 cm x 50 cm cada, do tipo basculante, com puxador prolongado até a altura de 1,50 m.

As janelas devem receber pintura *stain*, para garantir a durabilidade e a proteção contra insetos e fungos.

Portas: em madeira pintada com *stain*, de coloração a definir. As portas externas devem ser maciças, e as internas, semi-ocas. As dimensões, para todas as

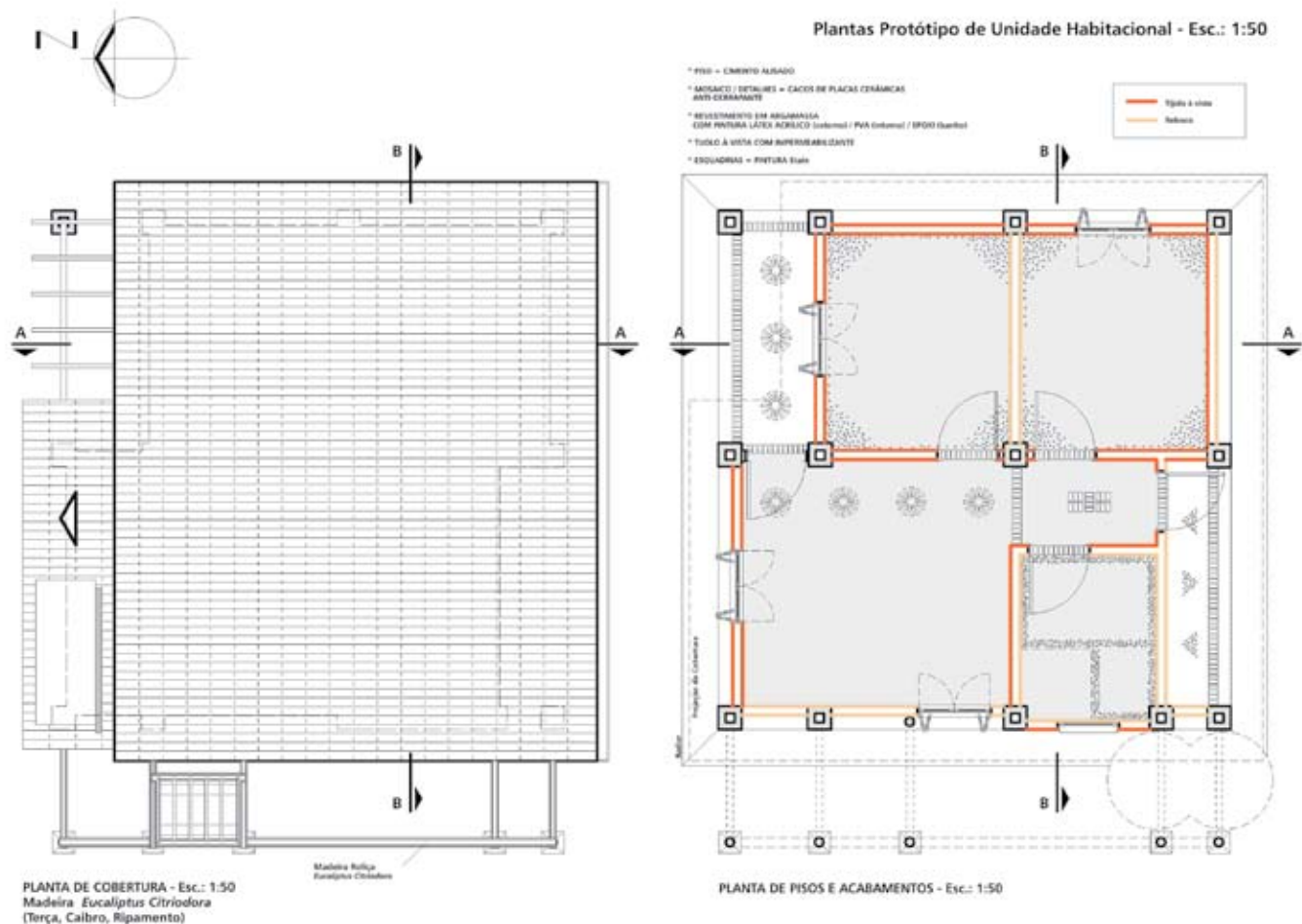


Figura 60 – Planta da cobertura e detalhes de pisos e seu acabamento

portas, deverão ser de 2,10 m x 0,80 m. Essa largura deverá ser seguida para todas as portas, para permitir a acessibilidade universal.

Sobre as esquadrias, as contravergas, que também têm a função de pingadeiras, devem ser feitas em tijolos à vista e assentadas perpendicularmente

ao sentido da parede, com uma pequena inclinação (elevações leste, norte e oeste).

6 Pergolados

Face oeste: deverão ser executados em madeira de eucalipto *grandis*, roliça, originada de refloresta-

mento manejado sustentavelmente, com diâmetro médio de 12 cm. A altura deve ser de 2,10 m, diferenciando-se somente no módulo de apoio do reservatório de água, do sistema de captação de energia solar (4 m).

Face norte: este pergolado é formado somente pela supressão do ripamento e das telhas, ficando os caibros e a viga à vista.

7 Banheiro universal

Devem ser fixados elementos auxiliares, para viabilizar sua utilização por portadores de deficiência física, sem a necessidade de recorrer a auxílio de terceiros.

Não deverá ser permitida a colocação de divisórias no *box* do chuveiro, bem como de degraus ou quaisquer obstáculos que dificultem a passagem de cadeira de rodas.

8 Espaços de circulação

Evitar a colocação de móveis, revestimentos, tapetes que dificultem a circulação de cadeiras de rodas, uma vez que o projeto contempla a liberdade de movimentação em toda a sua área.

Apêndice B - Reciclagem de entulho de obra

De acordo com os critérios de escolha dos materiais de construção para a execução do protótipo da Casa Alvorada, considerou-se, nesta proposta, a verificação da viabilidade de utilização de entulho proveniente da atividade de construção civil, para substituição parcial ou total do agregado para concreto e

argamassas, empregados no protótipo.

A reciclagem de entulho de obra pode proporcionar resultados positivos quanto a questões ambientais, através da diminuição da quantidade depositada em aterros, redução da produção de novos materiais e, em consequência, redução do consumo de energia e redução de custos e da poluição (emissão de poluentes como o CO₂).

A introdução no mercado de um novo material com grande potencial de uso agrega valor ao material entulho, possibilitando ainda a criação de novos empregos e a geração de renda.

Considerou-se, neste trabalho, como resíduos com potencial de uso: concreto, blocos cerâmicos e de concreto, resíduo de concretos, materiais provenientes de alvenarias, argamassas, telhas e pavimentos asfálticos.

Os elementos de concreto contidos na proposta do protótipo são:

- a) *radier*; e
- b) cinta de amarração/viga.

As argamassas utilizadas, por sua vez, dividem-se em:

- a) argamassa de assentamento; e
- b) argamassa de revestimento (reboco) interno e externo.

A viabilidade de utilização do entulho de obra como agregado reciclado deve seguir um conjunto de procedimentos, visto que a dificuldade de reaproveitamento do entulho de obra se deve, em grande parte, à variabilidade na sua composição.

Apêndice C - Orçamento dos materiais de construção

ORÇAMENTO CASA ALVORADA				
Item	Qtde	Unidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
1. Fundação				
Brita (espessura 5 cm)	3	m ³	15,00	45,00
Plástico preto	64	m ²	3,00	192,00
Concreto (17 m ³)				
Brita	16	m ³	15,00	240,00
Areia	11	m ³	16,00	176,00
Cimento	102	saco (50 kg)	15,00	1.530,00
Armadura	554	kg	1,19	659,26
Total do item				R\$ 2.842,26
2. Alvenaria de Fechamento				
Parede de tijolos 150 m ²				
Tijolos	7	mil	60,00	420,00
Argamassa de assentamento (3,5 m ³)				
Areia	6	m ³	16,00	96,00
Cimento	19	saco (50 kg)	15,00	285,00
Cal	91	saco (20 kg)	3,90	354,90
Revestimento em argamassa (1,35 m ³)				
Cimento	7	saco (50 kg)	15,00	105,00
Areia	2,5	m ³	16,00	40,00
Cal	35	saco (20 kg)	3,90	136,50
Pintura (90 m ²)				
Tinta PVA	3	galão (3,6 litros)	12,00	36,00
Tinta acrílica	2	galão (3,6 litros)	31,00	62,00
Tinta em epóxi	2	galão (3,6 litros)	97,00	194,00
Total do item				R\$ 1.729,40

Item	Qtde	Unidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
3. Supra-estrutura				
Formas para vigas cintas	31	m ²	8,72	270,32
Concreto	1,4	m ³		
Brita	1,3	m ³	15,00	19,50
Areia	1	m ³	16,00	16,00
Cimento	9	saco (50 kg)	15,00	135,00
Total do item				R\$ 440,82
4. Piso				
Cimento alisado	45	m ²	0,45	20,25
Total do item				R\$ 20,25
5. Cobertura				
Estrutura de madeira de eucalipto	3	m ³	300,00	900,00
Telha cerâmica romana	1,2	mil	299,00	358,80
Ferro de pinus (1,2 cm)	50	m ²	3,50	175,00
Total do item				R\$ 1.433,80
6. Esquadrias				
Porta interna semi-oca c/ batente (80 cm)	3	un	32,90	98,70
Porta externa c/ batente (80 cm)	2	un	150,00	300,00
Janela 2 folhas com veneziana (100x100 cm)	4	un	174,00	696,00
Janela <i>maxim-ar</i> (60x80 cm)	1	un	55,00	55,00
Janela 2 folhas com veneziana (100x150 cm)	2	un	256,00	512,00
Total do item				R\$ 1.661,70

Item	Qtde	Unidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
7. Louças e metais				
Lavatório sem coluna	1	un	97,55	97,55
Bacia sanitária com caixa acoplada	1	un	87,94	87,94
Pia de cozinha	1	un	117,90	117,90
Tanque	1	un	103,31	103,31
Chuveiro elétrico	1	un	19,79	19,79
Torneira para lavatório	1	un	17,07	17,07
Torneira para pia da cozinha	1	un	18,79	18,79
Torneira para tanque	1	un	18,79	18,79
Total do item				R\$ 481,14
Total				R\$ 8.609,37

Fonte: Lojas de materiais de construção da região de Porto Alegre/RS, novembro de 1999

Considerações

Para a obtenção do custo relativo ao concreto para fundação e para a execução das vigas, foram estimadas as quantidades relativas a areia, brita e cimento, devendo ser necessariamente revisadas para a execução da unidade habitacional, considerando a substituição dos agregados por entulho de obra reciclado. Esse material possui característica diversificada, sendo necessária uma dosagem do concreto por um especialista (engenheiro civil).

6.1 Introdução

6.2 Caracterização do setor e impactos gerados

6.3 Conclusões

PESQUISAS PARALELAS O Projeto Cerâmica Vermelha

6.1 Introdução

A pesar de se ter definido o uso de materiais cerâmicos para a construção Casa Alvorada, era ainda limitado, dentro da equipe do NORIE, o conhecimento sobre os impactos ambientais determinados por esse tipo de material ou sobre a sua sustentabilidade, de forma geral. Assim, no ano 2000, o NORIE iniciou um projeto de pesquisa financiado pela FAPERGS, *Gestão Ambiental das Indústrias Oleiras e de Cerâmica Vermelha do Rio Grande do Sul*, com a parceria e contrapartida de recursos do Sindicato das Olarias e Indústrias Cerâmicas do Rio Grande do Sul (SIOCERGS/RS), que buscou identificar, quantitativa e qualitativamente, os impactos ambientais causados por telhas, tijolos e blocos cerâmicos no estado do Rio Grande do Sul.

O Projeto de Pesquisa se inseriu dentro do Edital da Fapergs de **Estímulo à Adoção de Tecnologias Mais Limpas**. Embora com atividades integrando um mesmo projeto, elas foram divididas entre aquelas que buscavam aprofundar o conhecimento da cadeia produtiva dos materiais cerâmicos e os impactos ambientais ao longo dela gerados, aqui identificada como etapa de **pesquisa**, e as atividades de **construção** de unidades habitacionais demonstrativas que fizessem uso desses mesmos materiais.

A etapa de **pesquisa** apresentou como principal produto o desenvolvimento de duas dissertações de mestrado:

- a) “Caracterização de impactos ambientais de indústrias de cerâmica vermelha do estado do Rio Grande do Sul”, defendida em março de 2001, resultando no título de Mestre em Engenharia à arquiteta e física Giane de Campos Grigoletti; e
- b) “Impactos ambientais causados pelas indústrias de cerâmica vermelha no Rio Grande do Sul”, cuja defesa ocorreu em abril de 2002, com a concessão do título de Mestre em Engenharia à arquiteta Constance Manfredini.

Nas duas dissertações foi realizada a caracterização do processo produtivo de tijolos, blocos e telhas cerâmicas, e a análise dos impactos ambientais de cada etapa de produção. As duas dissertações se complementam mutuamente e identificam impactos ambientais associados a:

- a) consumo e tipo de energético utilizado pelas indústrias;
- b) consumo de água no processo produtivo;
- c) perdas no processo produtivo;
- d) emissão de poluentes aéreos, líquidos e sólidos;
- e) ocupação e degradação do solo;
- f) transportes de materiais de consumo e produtos cerâmicos;
- g) jazidas (vida útil, localização, valor ecológico

das áreas e restauração das áreas degradadas); e
h) geração de resíduos.

No total, foram avaliadas 40 indústrias cerâmicas de diferentes escalas (produzindo desde 20.000 até 1.500.000 tijolos por mês), tendo sido utilizada a metodologia de ACV para obter resultados relativos ao consumo de materiais e energia, assim como de resíduos gerados no processo de produção. Os resultados obtidos revelam aspectos positivos e negativos relacionados à produção de materiais cerâmicos. Adicionalmente, foi possível estimar o conteúdo energético de materiais cerâmicos produzidos por 18 indústrias cerâmicas.

No que concerne às atividades de **construção** de unidades habitacionais, foi construído um total de nove unidades demonstrativas, utilizando materiais cerâmicos, constituindo-se em alvo de monitoramento. Dessas nove unidades, oito foram construídas no município de Nova Hartz e uma unidade no *campus* da UFRGS (Protótipo Casa Alvorada), no Bairro Agronomia. Para a construção dessas unidades a equipe de projeto e construção do NORIE contou com doações de materiais de indústrias cerâmicas associadas ao Sindicato das Olarias e Indústrias Cerâmicas do Rio Grande do Sul, que doaram o equivalente ao montante de contrapartida acordada na parceria estabelecida para o desenvolvimento do projeto e, adicionalmente, os pisos e revestimentos cerâmicos para o protótipo Casa Alvorada.

A seguir é apresentada uma rápida revisão de literatura sobre o tema, seguida pelos resultados obtidos nas pesquisas realizadas.

6.2 Caracterização do setor e impactos gerados

Os materiais cerâmicos são amplamente utilizados pela indústria de construção civil no Brasil (MITIDIÉRI; CAVALHEIRO, 1988). Em adição a problemas ambientais e econômicos, o setor produz materiais que, de forma geral, carecem de qualidade. Tais problemas podem ser derivados da falta de conhecimento sobre técnicas de produção mais adequadas, do tipo de combustível usado, causando problemas ambientais, da falta de conhecimento de documentos normativos, da competição predatória levando à redução das dimensões de blocos e tijolos, como forma de decréscimo de custos, da dificuldade em obter assistência técnica qualificada, da irregularidade na atividade de extração de biomassa para queima e da argila utilizada para a produção, da falta de adequada gestão da produção, de perdas de materiais e energia, e da falta de um controle adequado (ROMAN; GLEIZE, 2002).

No Brasil existem aproximadamente 11.000 indústrias cerâmicas, que produzem tijolos, blocos e telhas, em sua maioria, pequenas e médias indústrias, com uma organização familiar simples (ABC, 2002). O número de empregados por indústria varia entre 25 e

30, resultando em um total entre 250.000 e 300.000 empregados no país (BUSTAMANTE; BRESSIANI, 2000). O setor consome em torno de 60.000.000 t de matéria-prima por ano, com impactos no sistema de transportes e no ambiente. Em média, a distância de transporte de blocos e tijolos até os locais de construção foi identificada como sendo em torno de 250 km. Para telhas a distância de transporte pode alcançar 500 km, e para o caso de algumas telhas especiais, até 700 km (BUSTAMANTE; BRESSIANI, 2000). Estima-se um número de 1.200 indústrias apenas no estado do Rio Grande do Sul.

Na Tabela 1 estão indicadas as 40 indústrias analisadas nesta pesquisa. Delas, 37 foram analisadas em pesquisa de mestrado desenvolvida por Manfredini (2002), com visitas desenvolvidas entre maio de 2001 e dezembro de 2002, e três indústrias, em dissertação de mestrado de Grigoletti (2001), com visitas realizadas entre julho e dezembro de 2000.

A metodologia de ACV foi utilizada para obter os resultados relacionados a consumo de materiais e energia, assim como sobre as emissões geradas em cada etapa do processo produtivo. Os resultados obtidos revelam os impactos ambientais causados pelas indústrias de tijolos, blocos e telhas cerâmicas locali-

Tabela 1 – Classificação das indústrias pesquisadas, por escala

Escala da indústria	Volume de produção	Número de indústrias
Pequena	Até 100 milheiros de tijolos/mês	10
Média	Entre 100 e 300 milheiros de tijolos/mês	15
Grande	Mais de 300 milheiros de tijolos/mês	15

zadas no Rio Grande do Sul, apontando os aspectos positivos e negativos decorrentes do processo produtivo. Adicionalmente, os dados coletados permitiram estimar a energia incorporada na produção de tijolos e blocos cerâmicos, com base em 18 indústrias cerâmicas pesquisadas.

6.2.1 Panorama dos impactos ambientais determinados pelo setor

Alguns dos impactos ambientais determinados pelas indústrias podem ser identificados a partir de dados obtidos em entrevistas. A Tabela 2 apresenta alguns dados gerais relacionados às indústrias. Pelas entrevistas, constatou-se que a maioria delas atua no mercado há, aproximadamente, três décadas. As indústrias, em média, têm estado operando por 33,1 anos; a mais antiga, por 92 anos, e a mais recentemente criada, por sete anos.

A produção total, por todas as indústrias, alcança 15.904.000 tijolos/mês, resultando em uma produtividade média de 17.750 tijolos/empregado/mês. Essa produtividade é superior à média brasileira, apontada por Tapia et al. (2000), de 13.300 tijolos/

empregado/mês, e abaixo da produtividade média europeia, de 200.000 tijolos/empregado/mês. A pesquisa identificou que a indústria com máxima produtividade alcançou um valor de 88.235 tijolos/empregado/mês. A mesma indústria apresentou, também, a maior produção de tijolos por mês (1.500.000). A indústria de menor produtividade produzia 714 tijolos/empregado/mês, com 100.000 tijolos/mês.

Recursos naturais

O principal recurso bruto para a produção de tijolos, blocos e telhas é a argila, considerada como um recurso abundante na natureza (PETRUCCI, 1980; VERÇOZA, 1987), cuja extração, entretanto, determina danos ao ambiente. No Brasil, as áreas das quais a argila é extraída requerem um processo de licenciamento, o qual exige a apresentação da proposta de remediação das áreas degradadas.

Nessa proposta as indústrias devem declarar como o processo de remediação está sendo implementado nas áreas mineradas e como ele o será nas novas áreas. Nesse aspecto as respostas das indústrias variam, sendo citados reflorestamento (em alguns ca-

Tabela 2 – Caracterização geral das indústrias

Escala da indústria	Produção média (tijolos/mês)	Idade média (anos)	Número médio de empregados	Produtividade média (tijolos/mês/empregado)
Pequena	65.000	30	6,8	9.559
Média	194.933	31	12,0	16.244
Grande	822.000	37	43,2	19.028
Valor médio	397.600	33,1	22,4	17.750

sos, para gerar biomassa para queima pela própria indústria), aterros no local de extração e a criação de lagoas para pesca.

Um exemplo, mostrado na Figura 61, é de uma indústria cuja área de extração, próxima a ela, foi transformada em um espaço de lazer para os empregados, com lagos, churrasqueiras e quiosques.



Figura 61 – Área de lazer construída sobre o local de extração de argila

A maioria das indústrias extrai ou compra a maior parte de sua argila de locais situados a menos de 10 km, o que reduz o impacto de transporte. Mesmo assim, sete das indústrias compravam a sua argila de distâncias maiores, que variavam de 80 km a 500 km. No último caso, a compra de matéria bruta constituía apenas parte da massa, sendo misturada com argilas locais.

O uso de resíduos de outros processos produtivos na forma de matéria bruta, uma vez comprovado técnica, econômica e ambientalmente viável, é uma prática positiva. Ao mesmo tempo, o uso de argila é assim reduzido, diminuindo os impactos e custos relacionados à sua extração e transporte.

A incorporação de materiais brutos misturados foi verificada em dez das indústrias visitadas. Alguns

destes eram serragem, casca de arroz, areia, cinzas da combustão de madeira em seus próprios fornos e *chamote* (gerado pela moagem de resíduos cerâmicos na fase de queima do processo produtivo). Duas indústrias consideravam a incorporação de carvão mineral, resíduos de ferro e pó residual de uma indústria siderúrgica.

As distâncias percorridas por tais resíduos variava, alcançando 350 km. É importante assinalar o uso de *chamote* e de cinzas geradas nos fornos. Estes são resíduos dos processos produtivos das próprias indústrias cerâmicas, não representando qualquer consumo de energia com transporte.

Com relação à água incorporada na preparação da matéria bruta, a quantidade utilizada é muito variável, dependendo, fundamentalmente, da umidade da argila. Em geral, isso é realizado de uma forma empírica. Com respeito à origem da água, sete indústrias (17,5%) usam a água suprida pelos serviços públicos; as demais (82,5%) usam água de açudes, córregos ou poços.

Energia e emissões

As indústrias se valem de diferentes fontes energéticas. Em geral, elas usam eletricidade no equipamento que efetua a preparação da massa, assim como em outros equipamentos utilizados para a moldagem da argila. Também usam eletricidade no transporte de produtos entre as etapas do processo de produção, em secadores e estufas, onde o processo de secagem é realizado (com o auxílio de ventiladores), assim como em alguns fornos, além de usos mais triviais, como em lâmpadas. A eletricidade ge-

rada em hidrelétricas, que constitui mais de 90% da matriz energética brasileira, é considerada uma fonte energética relativamente limpa, apesar de também determinar significativos impactos ambientais.

O equipamento extrator de argila (escavadora), assim como os caminhões de transporte da argila, combustíveis, outras matérias brutas, assim como o produto final fazem uso de óleo combustível. O óleo combustível também é usado, em algumas indústrias, em geradores, em períodos diurnos, quando a eletricidade é mais cara. Sendo uma fonte poluente e um recurso energético não renovável, a ser extinto em aproximadamente 75 anos, de acordo com Lippiatt (2000), o seu uso deve ser minimizado.

A maior parte da energia usada na secagem artificial provém dos mesmos combustíveis usados

na etapa de queima da argila. Trinta por cento das indústrias pesquisadas usavam energia no processo de secagem, e 22,5% usavam tanto a secagem natural como a secagem artificial.

Na fase de queima, energia de diferentes origens era utilizada. A Tabela 3 identifica as indústrias e cada fonte energética utilizada, assim como as distâncias entre as indústrias e os supridores de energia.

A maior parte das indústrias usa biomassa como combustível (lenha, pó de serra, serragem, restos da indústria de móveis, refil, casca de arroz, restos de papel e sabugo de milho). A vantagem do uso da biomassa é constituir um recurso renovável. A queima de lenha, pó de serra, serragem e refil causa liberação de CO₂. Entretanto, esta é reabsorvida pela biomassa, em sua fase de crescimento, sendo assim integrada ao ciclo de produção da biomassa.

Tabela 3 – Número de indústrias que usam cada tipo de fonte energética e sua distância das fontes

Fonte energética	Número de indústrias	Distância entre as indústrias e as fontes (km)						
		0-10	11-30	30-50	51-70	71-100	Mais de 100	Sem resposta
Lenha	22	3	3	6	1	5 *	2	2
Pó de serra	14	2	2	3	1	4 *	2	-
Serragem	6	1	-	-	-	4 **	-	1
Restos da indústria de móveis	5	2	3	-	-	-	-	-
Refil	2	-	1	-	-	1	-	-
Casca de arroz	1	1	-	-	-	-	-	-
Óleo BPF	1	-	-	-	-	-	1	-
Restos de papel	1	1	-	-	-	-	-	-
Sabugo de milho	1	-	-	-	-	-	1	-

* Uma das indústrias usa uma fonte energética desta categoria, coletada a uma distância que varia entre 20 km e 150 km; a média desses valores foi considerada.

** Uma indústria usa serragem, que é transportada entre 20 km e 150 km, e a outra, entre 25 km e 150 km.

A maioria das indústrias compra lenha de uma distância situada em um raio de 50 km da indústria. Entretanto, uma delas adquire esse recurso a uma distância de 150 km. O pó de serra é obtido a várias distâncias. Entre as 14 indústrias que o usam, sete necessitam transportá-lo de distâncias de até 50 km, e cinco indústrias, de distâncias variando entre 51 km e 100 km. Entretanto, duas das indústrias de grande escala adquirem pó de serra a distâncias maiores, acima de 100 km, e uma delas requer o transporte por aproximadamente 300 km para obter o produto. Entre as seis indústrias que usam serragem, quatro obtêm o produto de distâncias que variam entre 71 km e 100 km. Uma iniciativa positiva, relacionada a esta indústria, é que ela estava investigando outros resíduos da agricultura que pudessem ser queimados para produzir energia, como resíduos da erva-mate.

Algumas indústrias usam resíduos da indústria moveleira e restos de papel. Apesar de serem resíduos de outros processos produtivos e frequentemente estarem disponíveis a curtas distâncias (até 30 km e 10 km, respectivamente), elas, algumas vezes, podem incorporar algumas substâncias tóxicas, como o CCA, que seria liberado quando queimado ou enterrado, requerendo, assim, uma análise cuidadosa antes de seu uso.

O óleo BPF é obtido a uma distância de 350 km por uma das indústrias cerâmicas, tendo assim um considerável impacto de transporte. Embora sendo um resíduo, ele representa um recurso não-renovável. Quando queimado, libera CO₂, o que contribui para o aquecimento global, em adição ao NO_x e SO₂, que contribuem para chuvas ácidas e *smog*.

Resíduos sólidos

Durante as fases de conformação e de secagem, são gerados resíduos com o descarte de peças defeituosas (Figura 62), mas esses resíduos podem ser novamente incorporados ao processo. Eles são adicionados à argila depositada e depois reusados na produção.



Figura 62 – Resíduos das fases de moldagem e secagem

Em relação aos resíduos gerados na fase de queima, 21 indústrias (52,5%) informaram que usam esses resíduos em aterros, e nove indústrias (22,5%) os usavam em pavimentação, muitas vezes nas áreas de extração ou nos arredores da indústria (Figura 63). Seis delas (15%) usam parte dos resíduos para pavimentação, e o restante, em aterros. Outras três indústrias (7,5%) doam ou vendem os resíduos. Somente uma das indústrias (2,5%), que produz 1.300.000 telhas/mês, reincorpora o material ao processo de produção. Esses resíduos - *chamote* - são britados e reincorporados na massa.



Figura 63 – Pavimentação com resíduos de produção

Em relação às cinzas da combustão de biomassa, nove das indústrias (22,5%) as vendem ou doam para uso em jardinagem. Outras duas indústrias (5%) reincorporam esses resíduos em seu processo de produção. As demais indústrias direcionam as cinzas para aterros. Muitos entrevistados não responderam à questão, esclarecendo que a quantidade de cinzas geradas é quase nula.

6.2.2 Estimativa da energia incorporada

Uma das maiores dificuldades apontadas na literatura, relacionadas à caracterização dos impactos determinados por materiais de construção, incluindo os materiais cerâmicos, é a falta de dados quantitativos. Isso acontece não só no Brasil, ou em âmbito local, mas em todo o mundo. Para contribuir nesse aspecto foi realizada uma estimativa sobre a energia incorporada em tijolos e blocos cerâmicos, em uma amostra de 18 das 40 indústrias pesquisadas.

No restante das indústrias não foi possível quantificar o consumo de energia no processo, por-

que, na coleta de dados quantitativos, algumas dificuldades foram encontradas, tais como:

- a) falta de contabilidade da quantidade exata de energia consumida, principalmente nas indústrias de pequeno e médio portes (muitas vezes expressa por respostas contraditórias). Na maioria dos casos, ninguém estava capacitado ou disponível para responder pelo setor de produção. Em adição, a necessidade de combustível, assim como a mistura da argila, era estabelecida de forma empírica;
- b) em alguns casos, a indústria pagava pelo produto entregue, desconhecendo as despesas com combustíveis e outros insumos;
- c) variabilidade no número de tijolos produzidos durante o ano, assim como na energia necessária, que varia devido a razões climáticas, de uma estação para outra; e
- d) insegurança ou desconfiança nos entrevistados em fornecer os dados solicitados.

A informação utilizada para estimar a energia incorporada foi obtida nas indústrias, por meio da aplicação de questionários, que continham questões diretas e indiretas, a respeito do consumo de energia elétrica, biomassa e óleo combustível, entre outros. Assim, os cálculos para estimar o conteúdo energético foram baseados nas informações obtidas pelas entrevistas, assim dependentes da qualidade dos dados supridos pelos entrevistados.

O processo de cálculo considerou: consumo de eletricidade, usada principalmente nas fases de

preparação dos materiais brutos, moldagem e secagem artificial; consumo de biomassa, usada nas fases de queima e secagem artificial; e o consumo de óleo combustível, usado em geradores, na extração e transporte da argila, no transporte de combustíveis e outras matérias brutas incorporados na massa. Finalmente, todas as parcelas de energia foram somadas.

Tabela 4 – Energia incorporada em 18 indústrias de tijolos e blocos no estado do Rio Grande do Sul

Escala da indústria	Código da indústria	Produção mensal	MJ/kg	KWh/kg
Pequena	S1	40.000	2,08	0,578
	S2	50.000	2,79	0,774
	S3	60.000	3,07	0,851
	S4	80.000	3,13	0,869
	S5	100.000	1,53	0,426
Média	M1	150.000	1,78	0,495
	M2	174.000	0,87	0,242
	M3	250.000	2,52	0,701
	M4	250.000	1,76	0,487
	M5	290.000	2,89	0,804
Grande	G1	320.000	4,85	1,346
	G2	450.000	4,83	1,342
	G3	500.000	2,44	0,677
	G4	500.000	4,20	1,166
	G5	600.000	1,22	0,338
	G6	1.200.000	4,17	1,158
	G7	1.400.000	1,96	0,543
	G8	1.500.000	2,42	0,672

Resultados obtidos

A Tabela 4 apresenta os valores de energia incorporada por quilograma de produto final. Os resultados são apresentados tanto em MJ/kg como em kWh/kg. Entre as 18 indústrias que produzem tijolos e blocos, cinco são de pequeno porte (identificadas pela letra S), cinco são de porte médio (identificadas pela letra M), e oito são de grande porte (identificadas pela letra G).

É importante assinalar que a maioria da energia consumida é originária de biomassa. A contabilidade da participação de cada tipo de fonte energética, para essas 17 indústrias, mostra que, em média, 94% da energia consumida é originária da biomassa, 2,62% é elétrica, e 3,38%, originária de óleo combustível (Figura 64).

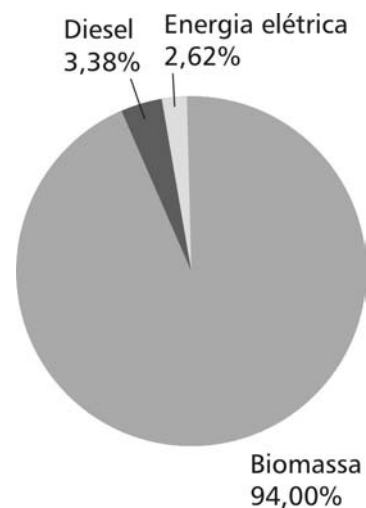


Figura 64 – Participação de cada fonte energética no total de energia utilizada

Comparação de resultados

Para um melhor entendimento dos resultados obtidos, alguns dos valores achados na literatura referindo a energia incorporada a tijolos e blocos cerâmicos foram buscados. Esses valores são apresentados na Tabela 5.

A Figura 65 compara graficamente os resultados obtidos. As barras escuras definem os maiores e menores valores encontrados na literatura. As linhas mais escuras identificam os valores encontrados no Canadá, Suíça, Austrália e Nova Zelândia.

Tabela 5 – Valores de energia incorporada em tijolos e blocos cerâmicos (LAWSON; 1996; SPERB, 2000; SUDENE/ITEP, 1988; SZOKOLAY; 1997; TAPIA et al., 2000)

Referência	Origem	MJ/kg	KWh/kg
Lawson (1996)	Austrália	2,50	0,694
Cole e Rousseau (1992)	Canadá	4,90	1,361
Cole e Rousseau (1992)	Suíça	3,10	0,861
Alcorn e Baird (1996)	Nova Zelândia	2,50	0,694
Worrell et al. (1994)	Holanda/Oeste Europeu	3,00	0,833
Szokolay (1997)	Austrália	3,60 - 4,32	1,000 - 1,200
Construction... (1996)	Holanda	2,00 - 7,00	0,556 - 1,944
Tapia et al. (2000)	Europa	1,05 - 1,26	0,291 - 0,349
Brasil (1982)	Brasil	3,09	0,853
Guimarães (1985)	Brasil	3,13	0,869
Sudene/ITEP (1988)	Pernambuco - Brasil	1,86 - 2,80	0,516 - 0,778
Tapia et al. (2000)	Brasil	2,09 - 3,35	0,582 - 0,931
Tapia et al. (2000)	Rio de Janeiro - Brasil Cerâmica Argibem Ltda.	1,78 - 2,76	0,493 - 0,766
Tapia et al. (2000)	Rio de Janeiro - Brasil RP Pesanha Cerâmica	1,08 - 1,37	0,300 - 0,379
Tapia et al. (2000)	Rio de Janeiro - Brasil Tijolar Indústrias Cerâmicas Ltda.	1,78 - 2,00	0,496 - 0,556

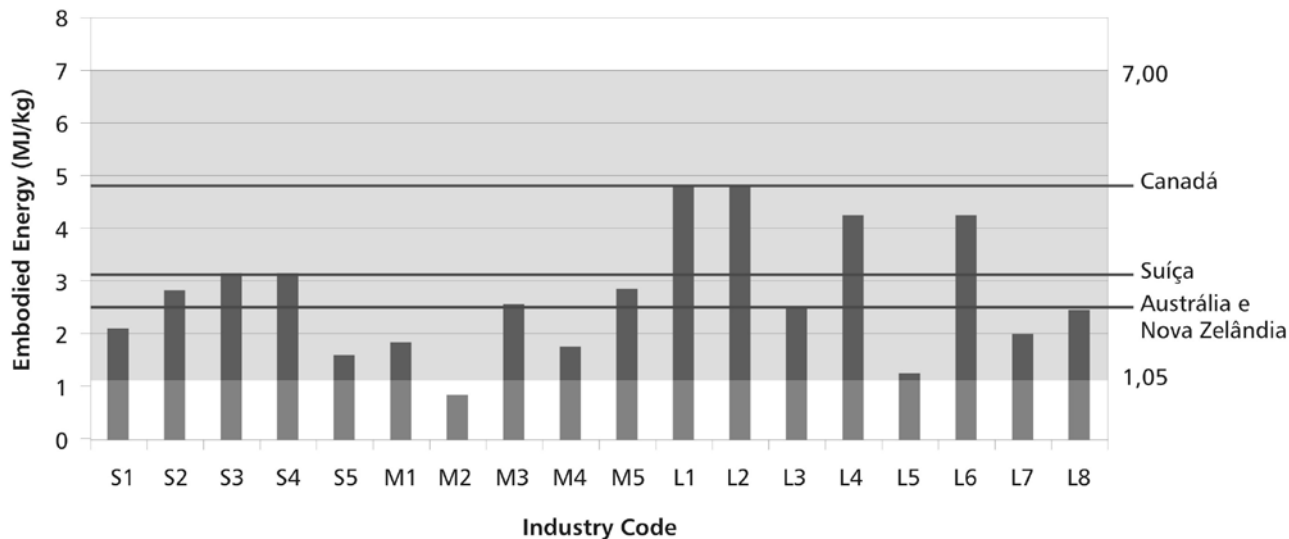


Figura 65 – Comparação dos resultados obtidos com resultados internacionais

A Figura 66 compara os resultados obtidos com aqueles disponíveis no Brasil.

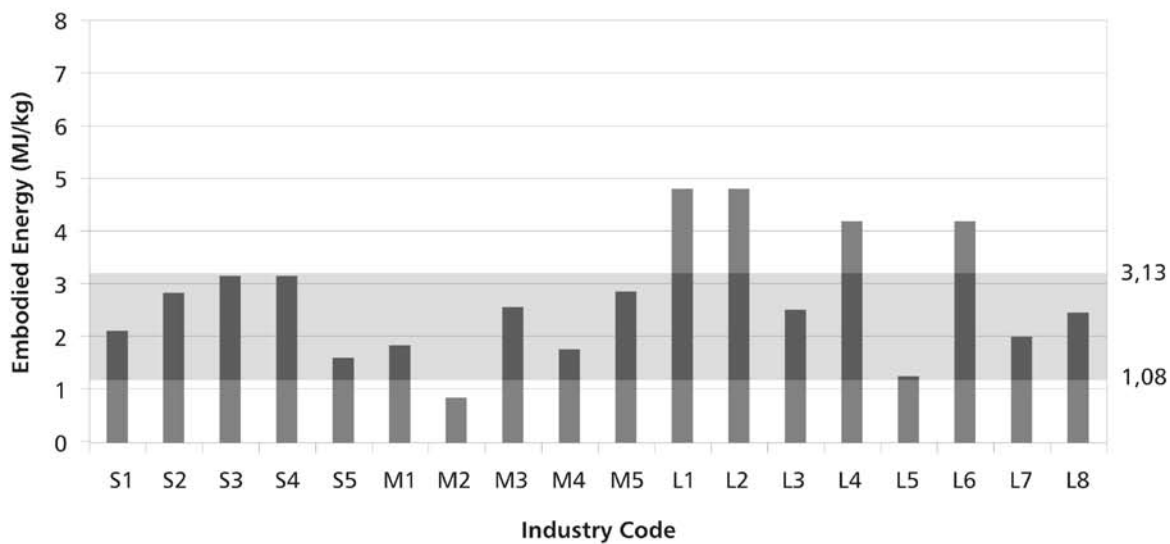


Figura 66 – Comparação dos resultados obtidos com aqueles encontrados na literatura brasileira

6.3 Conclusões

6.3.1 Em termos genéricos

O projeto de pesquisa tinha por objetivo a avaliação ambiental do setor de produção de tijolos, blocos e telhas cerâmicas do Rio Grande do Sul, e assim estimular o setor para promover a redução do impacto ambiental, a partir da adoção de tecnologias mais limpas, e com isso aumentar a competitividade do setor para as novas demandas de um mercado crescentemente preocupado com as questões de sustentabilidade.

Acreditamos que a maioria desses objetivos foram alcançados:

a) com as pesquisas realizadas, que resultaram nas duas dissertações de mestrado, foi possível identificar a maioria e os mais graves dos impactos ambientais ocorrentes na produção de materiais cerâmicos para construção;

b) da interação da universidade com as indústrias teve início um processo de conscientização das indústrias sobre os impactos por elas causados e sobre tecnologias mais limpas passíveis de serem adotadas;

c) várias indústrias também se conscientizaram de que a utilização de tecnologias mais limpas, cada vez mais, constituirá um fator diferencial competitivo, pois a sociedade também cada vez mais passará a demandar tais produtos. No momento da conclusão da redação deste livro, duas ex-alunas do NORIE (as arquitetas Eugenia Kuhn e Patrícia Nerbas) estavam en-

volvidas no projeto de uma nova proposta de habitação popular mais sustentável, em cerâmica vermelha, que resultará na construção de uma unidade prototípica na sede da Fundação de Ciência e Tecnologia.

Em paralelo, várias outras edificações foram construídas utilizando-se materiais cerâmicos associados a outros materiais de baixo impacto ambiental. O SIOCERGS, como também vários ceramistas, acompanhou a construção dessas edificações, onde o grande diferencial foi, justamente, o emprego de materiais de baixo impacto ambiental. Mas o principal beneficiário dessas construções foi a sociedade, de um modo geral, já que as edificações constituem referências de um novo paradigma de habitações populares, que conjugam: materiais de baixo impacto ambiental; demonstração de habitações projetadas e construídas segundo os princípios de arquitetura bioclimática e ecológica; uso de fontes alternativas de energia; sistemas alternativos de gestão de resíduos; e paisagismo produtivo.

6.3.1 Em termos específicos concernentes às pesquisas realizadas

As pesquisas permitiram uma avaliação dos impactos ambientais associados com a produção de tijolos, blocos e telhas no estado do Rio Grande do Sul, em 40 indústrias, incluindo desde aquelas que usam processos manufatureiros até as com um elevado nível de automação.

Em relação aos impactos ambientais causados pelas indústrias, foi possível identificar práticas posi-

tivas e negativas do ponto de vista ambiental. Pode-se concluir que, por um lado, as indústrias devem ser estimuladas a absorver resíduos de outros processos de produção, a usar recursos energéticos renováveis, a usar recursos locais, de modo a reduzir os impactos de transporte, e a reusar os resíduos de seu próprio processo de produção, entre outros.

Por outro lado, deve ser evitado o uso de recursos energéticos não renováveis e poluentes, vindos de longas distâncias, assim como devem ser evitadas ou minimizadas a geração de resíduos e as perdas no processo de produção.

A estimativa de energia incorporada em tijolos e blocos cerâmicos, realizada em 18 indústrias, demonstrou que os valores variam de 0,87 MJ/kg a 4,85 MJ/kg. Algumas das indústrias mostram um

alto valor de energia incorporada, acima daqueles encontrados para a Suíça, Austrália, Nova Zelândia e mais alguns países europeus. Mas as análises que levam em consideração somente esses valores são incompletas. Por exemplo, deve ser destacado que 94% dessa energia é obtida da biomassa, que é uma fonte renovável de energia; e aproximadamente metade do restante é energia limpa (90% da qual é hidroeletricidade).

Mas acima de tudo é necessário fazer com que as pessoas envolvidas com o setor se tornem mais conscientes das implicações ambientais associadas com o processo de produção de seus produtos, para que se efetuem progressos que tornem esse processo de produção, que já apresenta um impacto ambiental relativamente reduzido, em um que seja ainda mais ambientalmente amigável.

7.1 O projeto do CETHS

7.2 A Casa Verena

7.3 A construção do CETHS

7.4 Investigações das necessidades dos usuários na fase de projeto e avaliação pós-ocupação do CETHS

A PRIMEIRA EXPERIÊNCIA CONSTRUTIVA O Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis

7.1 O projeto

7.1.1 Introdução

Pensou-se o Concurso Internacional sobre Idéias de Projeto, com o tema **Habitções Sustentáveis para Populações Carentes**, realizado em 1995 e promovido pela Associação Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído (ANTAC) e pela Passive and Low Energy Architecture (PLEA), como um indicador inicial balizador de diretrizes de projeto e de alternativas tecnológicas, compatíveis com os princípios de desenvolvimento sustentável.

Orientado pelas diretrizes e alternativas contidas nos resultados do Concurso, o NORIE elaborou uma proposta de pesquisa, para solicitação de recursos à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), encaminhada a Edital do Programa HABITARE, buscando concretizar as idéias inspiradoras geradas pelo Concurso, mediante a implantação de um centro de experimentação, demonstração e educação ambiental.

Basicamente, essa proposta de um centro experimental objetivava colocar em prática o conjunto de princípios e tecnologias sustentáveis propostos, tais como a utilização de materiais de construção de baixo impacto ambiental, o gerenciamento de resíduos líquidos e sólidos, o uso de fontes energéticas sustentáveis e a produção local de alimentos (com a implantação de hortas domésticas e paisagismo produtivo – com plantas comestíveis), ao mesmo tempo em que buscava contemplar, também, questões sociais, econômicas e educacionais.

A proposta foi aprovada, e o NORIE passou a contar, a partir de fevereiro de 1999, com recursos da FINEP e da Caixa Econômica Federal (CAIXA), com a finalidade de desenvolver um projeto executivo para o centro experimental, tendo o projeto de pesquisa recebido o nome de Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis (CETHS). Por ocasião da aprovação da proposta, o grupo coordenador do Programa Habitare deixou explícita a sua preocupação e destacou a importância de que fossem buscadas parcerias que pudessem conduzir à materialização das idéias nela contidas.

À época, pensava-se que essa parceria já havia sido identificada. Conforme referido no capítulo 5, ao final de 1997 ocorrera uma demanda, por parte da municipalidade de Alvorada, por um projeto que requeria respostas alinhadas com os princípios da sustentabilidade. Em resposta a essa demanda, um projeto de pesquisa e ações de extensão fora desenvolvido pelo NORIE e resultara em uma proposta de habitação mais sustentável, a Casa Alvorada. A ex-

pectativa era a de que a parceria para o projeto do CETHS pudesse ser, então, estabelecida com o próprio município de Alvorada, em função das ações ali já desenvolvidas, ampliando a escala de intervenção – da edificação para o conjunto habitacional.

No entanto, até o início de 1999, já contando o NORIE com os recursos do Programa Habitare para o desenvolvimento do projeto, nenhuma manifestação de real interesse pela construção, mesmo do assim denominado protótipo Casa Alvorada ocorrera, apesar de o Projeto Alvorada ter sido concluído e entregue à municipalidade de Alvorada, assim como várias apresentações terem sido realizadas tanto para o Executivo local como para representantes de grupos associativistas que buscavam a moradia própria.

Em função dessa indefinição por parte da municipalidade de Alvorada em implementar ainda que só o protótipo, o NORIE convidou representantes de outras municipalidades da Grande Porto Alegre para que tomassem ciência da proposta da unidade habitacional desenvolvida, que poderia ser o ponto de partida para a implantação do projeto maior, do CETHS. À reunião, que aconteceu em meados de 1999 na sede do NORIE, onde as propostas da habitação e dos resultados do Concurso de Idéias foram apresentadas, compareceram, entre outros, o Prefeito e a Secretária de Planejamento do município de Nova Hartz.

O executivo deste município estava, à época, buscando implantar um conjunto habitacional

no município com recursos do Programa Habitar Brasil, com fundos da CAIXA, e, de imediato, mostrou interesse na implantação de um projeto com as características do que se estava propondo para o CETHS.

As ações desenvolvidas pelo NORIE passaram a ser orientadas, a partir de então, não apenas para desenvolver, para o município de Nova Hartz, um projeto executivo, que era o objetivo da pesquisa proposta encaminhada ao Edital Habitar, mas para implementar o próprio centro experimental - o CETHS. Tendo isso como meta, uma equipe interdisciplinar de projeto foi montada para estudar e propor soluções alinhadas com os princípios de construções mais sustentáveis.

Mais adiante, no ano de 2000, consolidando e tornando formal uma parceria que já se desenvolvera informalmente por dois semestres, foi firmado um convênio entre o NORIE (representado pela Fundação de Apoio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - FAURGS) e a Prefeitura Municipal de Nova Hartz. O Convênio Nova Hartz estabelecia que o NORIE prestaria consultoria ao município na área de habitação popular; e, mais, colaboraria em serviços de apoio à reelaboração do Plano Diretor do Município, também fundamentando-o em propostas mais sustentáveis. O convênio, assinado em 1º de julho de 2000, explicitava para o NORIE a tarefa de *elaboração e acompanhamento técnico da implantação de projetos de habitação popular, elaborados segundo princípios e tecnologias de baixo impacto ambiental*.

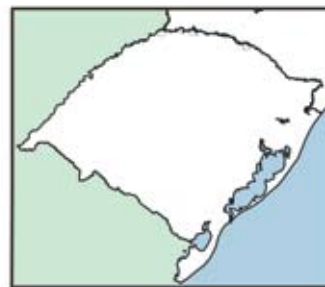


Figura 67 – Localização do Município de Nova Hartz e sua inserção na Região Metropolitana de Porto Alegre

7.1.2 Estudos iniciais

7.1.2.1 Caracterização do Município de Nova Hartz

Nova Hartz pode ser caracterizado como um município de pequeno porte. À época contava com uma população de, aproximadamente, 15.000 habi-

tantes, estando localizada na região metropolitana de Porto Alegre e desta cidade distando aproximadamente 80 km (Figura 67). Possuía uma área municipal de aproximadamente 60 km², com sua sede localizada ao pé de uma serra, com altitude variável entre 20 m e 600 m. A beleza natural da área era evidenciada em vários locais, incluindo-se diversas nascentes de rios, que integram uma rica hidrografia. A utilização intensa de bicicletas por parte da população representava outra característica marcante desse pequeno município. A base de sua economia estava apoiada na indústria do calçado, tal como ocorria em municípios vizinhos.

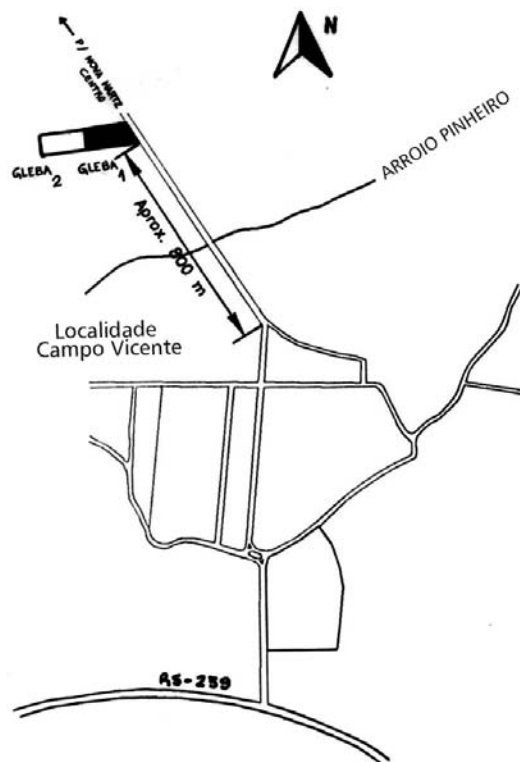
7.1.2.2 A determinação de um local para a implantação do CETHS

Foram feitas várias tentativas no sentido de definir um local para a implantação do projeto demonstrativo. Uma primeira área próxima do centro da cidade chegou a ser cogitada. No entanto, logo após ser avaliada apta para o projeto, ela resultou ocupada por um grupo integrante do Movimento sem Teto. Após um período de expectativa, aguardando sua disponibilização para o projeto, decidiu-se por desconsiderá-la. Uma nova área, de 2,7 ha, surgiu como opção apresentada pela Prefeitura de Nova Hartz, vindo a se constituir no ponto de partida para os estudos de implantação do CETHS. Tal área, denominada pela Prefeitura de Gleba 2 (adjacente a uma outra área, denominada Gleba 1), localizava-se ao sul do município (distrito de Campo Vicente), nas proximidades da entrada principal da cidade (Figura 68). Ambas as Glebas 1 e 2 eram de propriedade da Prefeitura Municipal. No entanto, enquanto a

Gleba 1 já possuía projetos de infra-estrutura urbana aprovados pela Secretaria de Habitação do Estado do Rio Grande do Sul (RS) e pela Fundação Estadual de Proteção ao Meio Ambiente (FEPAM), a Gleba 2, embora a Prefeitura tivesse a mesma expectativa de utilização, ainda não possuía qualquer projeto concreto.

Dessa forma, começou-se a negociar com a Prefeitura a implantação, na Gleba 2, da proposta de projeto mais sustentável do CETHS, abrangendo desde aspectos referentes à unidade habitacional até aspectos relativos a toda a infra-estrutura urbana da área. Foi colocado como condicionante pela Prefeitura que a implantação na Gleba 2 deveria considerar a localização de uma via, então em fase de projeto, que, futuramente, iria cortar a gleba e se constituiria na nova e principal via de acesso à cidade de Nova Hartz, evitando assim cruzar a área urbana de Campo Vicente.

Afora essa limitação, predefinida pela Prefeitura de Nova Hartz, os alunos do curso de mestrado do NORIE, aos quais foi proposto o desafio de desenvolver os estudos de implantação, deveriam propor conjuntos habitacionais mais sustentáveis, a partir de diretrizes básicas semelhantes às que orientaram o Concurso Internacional de Idéias, como, por exemplo, implantação com uma densidade habitacional de 20 unidades residenciais por hectare, um centro socioeducacional, a gestão dos resíduos gerados na comunidade, a produção local de alimentos, etc. Além disso, as unidades habitacionais deveriam buscar atender às expectativas do Executivo local, de que obedecessem às características do protótipo já a eles apresentado, a Casa Alvorada (SATTLER, 2000).



7.1.2.3 As propostas iniciais de implantação para a Gleba 2

As diretrizes de projeto adotadas para o CETHS, tais como concebidas para a implantação na Gleba 2, representaram o consenso da equipe de projeto, obtido após a realização de uma *charrette*¹ (Figura 69). Os resultados dessa *charrette* específica são apresentados nos Quadros 27, 28 e 29. Essas diretrizes de projeto representaram, então, o ponto de partida para os projetos que seriam concebidos para o município de Nova Hartz.

Figura 68 – Planta de situação das Glebas 1 e 2

Diretrizes gerais
Buscar o máximo aproveitamento dos recursos utilizados
Buscar funções múltiplas para cada elemento
Considerar a natureza como modelo
Servir de base para treinamento de educadores ambientais
Estabelecer vínculos entre a comunidade local e a comunidade maior que a circunda
Respeitar as características culturais e sociais da população

Quadro 27 – Diretrizes gerais de projeto para o CETHS

¹ A charrette constitui um processo interdisciplinar intensivo, envolvendo a participação de uma equipe multidisciplinar, que o NORIE desenvolve na fase inicial de cada novo projeto, com a finalidade de definição de suas diretrizes gerais.



Figura 69 – Apresentação de propostas resultantes da charrette realizada no Rincão Gaia, em novembro de 1999

Entre novembro de 1999 e junho de 2000, a equipe do NORIE trabalhou para transformar em anteprojeto as orientações derivadas da *charrette*. Nessa equipe atuaram tanto os bolsistas contratados com recursos do projeto como os demais alunos de pós-graduação do NORIE, todos reunidos em torno de disciplinas na Linha de Pesquisas em Edificações e Comunidades Sustentáveis, integrante do Programa de Pós-Graduação.

Em junho de 2000, foi realizada uma reunião na Prefeitura Municipal de Nova Hartz, onde os alunos do NORIE apresentaram duas propostas de implantação do CETHS para a Gleba 2 (ver Figuras 70, 71 e 72, com a primeira proposta, e Figuras 73 e 74, com a segunda proposta). Uma vez obtida a aprovação da Prefeitura em relação às idéias expostas nas propostas, iniciou-se o seu aprofundamento.



Figura 70 – Prancha 1A, da primeira proposta de implantação para a Gleba 2



Figura 71 – Prancha 1B, da primeira proposta de implantação para a Gleba 2



Figura 72 – Prancha 1C, da primeira proposta de implantação para a Gleba 2

Ecotécnicas

Materiais - Princípio geral de:	Alimentos - Produzidos utilizando:
Adaptação e respeito à disponibilidade local e regional	Bacias de retenção, para produção e irrigação
	Canais de infiltração
	Cobertura morta (<i>mulch</i>) e plantas rasteiras, para proteção do solo
	Sistema trator-galinha (permacultura)
	Rotação de culturas
	Agricultura orgânica
	Hortas com padrões orgânicos
Habitação - Fazendo uso de:	Alimentos - Buscar
Ventilação natural	Adaptação às curvas de nível
Plantas frutíferas e árvores decíduas para sombreamento	Reutilização de resíduos inertes (pneus, entulho, pedras) para as edificações
Fogão a lenha, para aquecimento no inverno	Traçados (ruas e caminhos) sinuosos, privilegiando o pedestre
Ervas aromáticas no interior e ao redor das edificações	Pavimentação permeável
Aberturas adequadas para iluminação e ventilação	Uso intensivo de vegetação, para melhorar o clima local
Energia - Com uso de:	Água - Contemplando:
Energia solar e fogão a lenha, para aquecimento da água	Coleta da água da chuva para uso doméstico, irrigação e descarga de vasos sanitários
Energia eólica, para geração de energia e bombeamento de água (se possível)	Poço artesiano para complementar a água da chuva
Digestores de biomassa, para produção de biogás e fertilizante	Bacias de detenção para irrigação e produção de alimentos
Resíduos - Gerenciados com:	Questões socioeconômicas - Viabilizadas através de:
Reciclagem de resíduos orgânicos e inorgânicos	Creche, administrada pela comunidade
Compostagem	Centro comunitário, adaptado a diferentes atividades
Reutilização da água	Áreas abertas, para lazer e convívio social
Biodigestores	Comercialização do excesso de produção de alimentos e dos resíduos inorgânicos
Sanitários secos	
Tratamento dos esgotos em lagos aquaculturais	Geração de renda, através da criação de espaços de trabalho na unidade habitacional

Quadro 29 – Ecotécnicas a serem aplicadas no CETHS

Diretrizes específicas	
Materiais - Uso de materiais:	Alimentos - Buscar:
Locais	Produção local
Culturalmente aceitos	Paisagismo produtivo
Não tóxicos	Diversidade de culturas
Reciclados, ou potencialmente recicláveis, ou reutilizáveis	Identificação de habilidades localmente disponíveis para cuidar de animais e plantas
Duráveis	Aproveitamento de todas as instâncias de produção
Propícios para autoconstrução	Identificação das necessidades, tipo de alimentação e eventuais desequilíbrios nutricionais da comunidade
De pequena pegada ecológica	
Habitação - Caracterizada por:	Implantação urbana - Com respeito à:
Flexibilidade	Adaptação do projeto à geomorfologia local
Conforto ambiental	Preservação de espécies nativas
Acessibilidade universal	Adaptação ao clima
Respeito às características arquitetônicas regionais	Arquitetura orgânica
Áreas que incrementem a habitabilidade	Necessidade de diferentes graus de privacidade
	Uso de zoneamento de culturas, conforme a intensidade de uso
Energia - Mediante:	Água - Buscando:
Racionalização	Racionalização
Uso de fontes renováveis	Manejo otimizado dentro do sistema
Uso de fontes alternativas	Reutilizar sempre que possível
Produção de energia dentro do sistema, tornando-a maior que aquela oriunda de fontes não-renováveis	Coletar água dentro do sistema, de modo a suprir a demanda total, na medida do possível
Resíduos - Buscando:	Questões socioeconômicas - Buscando:
Compostagem de resíduos orgânicos	Disponibilização de múltiplos espaços para interação social
Reciclagem de resíduos inorgânicos	Incentivar a comunidade a participar das decisões
Reutilização de efluentes líquidos	Geração de renda por meio da reciclagem de resíduos sólidos
Gestão das águas residuárias	Educação comunitária
Redução do consumo de produtos que contribuam para a geração de lixo	

Quadro 28 – Diretrizes específicas para o CETHS

Como características específicas da proposta representada pelas pranchas 1A, 1B e 1C, salientam-se as seguintes:

- a) formação de barreira vegetal ao sudoeste do loteamento, para evitar a incidência de ventos de inverno, sem impedir a insolação de norte;
- b) acompanhamento da direção da via projetada (a leste), para otimizar o aproveitamento de espaço;
- c) proposta de uma via única de acesso de carros ao loteamento, com estacionamentos localizados somente ao longo dessa via, criando-se, ao invés de um único grande estacionamento, pequenos núcleos distribuídos nas proximidades das habitações, mas sem interferir nas ruas que dão acesso a elas;
- d) as áreas de estacionamento são protegidas da insolação por pérgulas com trepadeiras (videiras, chuchu, maracujá, etc.);
- e) ligação com a Gleba 1 através de via de acesso para carros e via de acesso exclusivo para pedestres;
- f) proposta de uma quadra esportiva, ao final da via única, proporcionando a recreação e o convívio social dos moradores do CETHS;
- g) proposta de uma praça central, associada a uma rua de convívio social, ligada a um jardim concebido para a recreação das crianças e relacionamento destas com a natureza;

h) utilização de um catavento para bombear água do poço artesiano para o reservatório, assim como para servir de marco distintivo de entrada no CETHS; e

i) espaços e equipamentos de lazer são distribuídos em toda a gleba, segundo seu grau de segurança; áreas de lazer para crianças e idosos estão localizadas próximo às residências; áreas lazer para os adolescentes e adultos estão mais afastadas. Desse modo é possível garantir a animação em toda a gleba, o que aumenta a segurança dela.

Como características específicas da proposta representada pelas pranchas 2A e 2B, ressaltam-se as seguintes:

- a) desenho de uma via periférica, que possibilite o acesso de carros a todos os lotes e ao centro comunitário, localizando os estacionamentos somente nas duas entradas do loteamento e no centro comunitário;
- b) ligação com a Gleba 1, através do prolongamento de suas duas vias de acesso de carros (projeto já existente);
- c) localização de um anfiteatro entre as Glebas 1 e 2, para reuniões, encontros, teatro, etc., assim como uma cancha de bocha, para lazer;
- d) proposta de *playgrounds*, distribuídos em pequenas áreas ao longo da gleba, facilitando o acesso e integrando-se à paisagem;

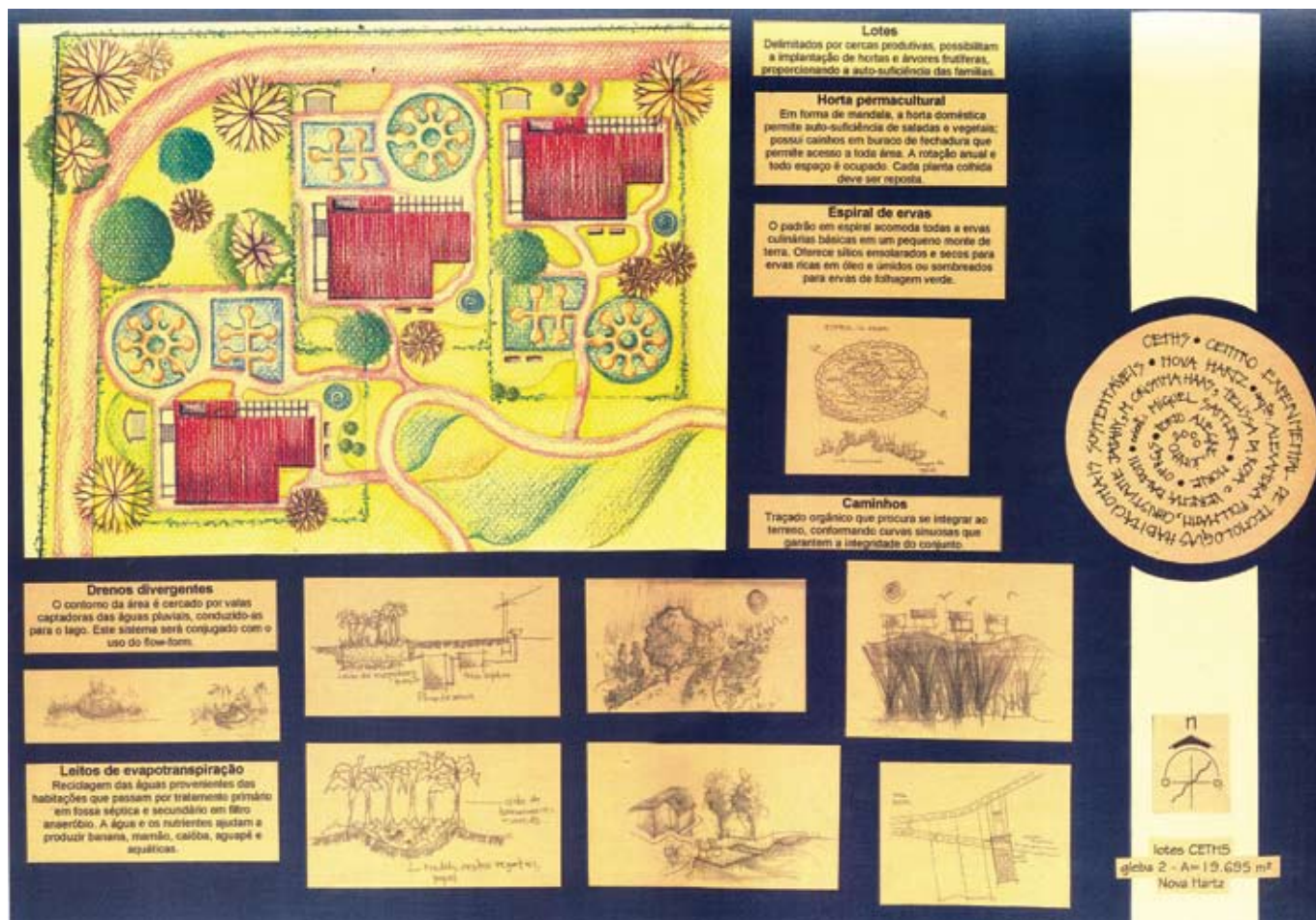


Figura 73 – Prancha 2A, da segunda proposta de implantação para a Gleba 2

e) utilização de sistema permacultural, conhecido como trator-galinha, que realiza o manejo de aves deslocando a estrutura do galinheiro através dos lotes, o que promove a adubação e a aração do solo superficial, bem como a remoção de plantas invasoras;

f) formação de *chinampas* no lago aquacultural, o que consiste no aproveitamento das bordas de canais e lagoas, configurando canais e canteiros produtivos, assim como a formação de ilhas, através do plantio de bambus, que desempenham, também, a função de quebra-ventos;



Figura 74 – Prancha 2B, da segunda proposta de implantação para a Gleba 2

g) utilização de biodigestor e leitos de evapotranspiração, associados ao lago aquacultural, para o tratamento de efluentes líquidos do loteamento; e

h) conformação de taludes junto à via projetada, para desempenhar a função de barreira e a

conseqüente redução de ruídos de tráfego.

Além disso, a proposta representada pelas pranchas 2A e 2B se destacou por apresentar um estudo dos condicionantes ambientais para a região do projeto, através da análise do ecossistema de banhado.

Além das características em comum, observa-se, no entanto, que as duas propostas são apresentadas com soluções formais bem distintas entre si, demonstrando que podem trazer várias alternativas de soluções sustentáveis, mesmo que aplicadas à mesma área e partindo das mesmas diretrizes de projeto. Ambas as propostas, cada uma com as suas peculiaridades, somaram alternativas muito ricas para o projeto do CETHS.

Tendo em vista a riqueza de ambas as propostas, decidiu-se por não se optar pelo aprofundamento de tão-somente uma, mas sim buscar agregar as características positivas das duas propostas. Tais características são as seguintes:

a) disposição do eixo maior da unidade habitacional (Casa Alvorada) no sentido leste/oeste, com orientação da fachada principal para o norte, com o fim de privilegiar o conforto ambiental das edificações, assim como a captação de energia solar nos coletores solares propostos;

b) localização de uma casa experimental, bem como de uma área para estacionamento de visitantes entre as Glebas 1 e 2, de modo a funcionar como entreposto de venda para eventuais produtos produzidos pela comunidade, assim como recepção para visitantes e como sede administrativa do CETHS;

c) localização de uma quadra esportiva entre as Glebas 1 e 2, possibilitando uma interação social entre as glebas;

d) ênfase em formas orgânicas, para a implantação do loteamento, sendo as casas implantadas respeitando-se as curvas de nível, de tal forma a haver o mínimo possível de movimento de terra e a diminuir a velocidade de escoamento superficial de águas (Figura 75);

e) uso de caminhos sinuosos, que criam seqüências contínuas de espaços e perspectivas, assim como uso de rua residencial de linhas suaves, com caráter aberto de “parque” (Figura 76);



Figura 75 – Elementos construídos perfeitamente integrados ao ambiente natural. Fonte: Prinz (1980)

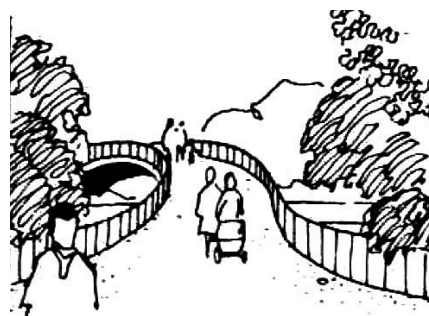


Figura 76 – Caminhos inspirados nas formas orgânicas da natureza. Fonte: Prinz (1980)

f) prioridade aos pedestres junto às habitações, com tráfego apenas dos moradores e, eventualmente, de alguns serviços (entregas, ambulância, bombeiros, etc.) (Figura 77);

g) uso mínimo possível de superfícies impermeáveis, a fim de não impedir a absorção de água pelo solo, buscando também priorizar aspectos de acessibilidade universal (Figura 78);



Figura 77 – Acesso de veículos junto às residências limitado aos moradores e serviços imprescindíveis
Fonte: Prinz (1980)

h) ruas, construções e jardins formando um conjunto paisagístico perfeitamente integrado ao ambiente natural, aproximando o homem e a natureza (Figura 79);



Figura 79 – Elementos paisagísticos lúdicos
Fonte: Nuttall (1999)



Figura 78 – Revestimento dos pisos com pavimentos permeáveis à água das chuvas

i) separação dos lotes e proteção da área residencial das vistas externas, através de elementos naturais (cercas vivas), sempre quando possível, promovendo o uso intensivo de vegetação (Figuras 82 e 83);

j) presença de vegetação em todos os espaços, explorando os diferentes portes, incluindo forragens, arbustos, trepadeiras e árvores (Figura 84);

k) destinação de áreas comunitárias e privadas (hortas, pomares, viveiros, etc.), para a produção de alimentos e ervas medicinais (Figura 83), possibilitando o suprimento de uma parcela das necessidades alimentares a partir do cultivo local, bem como a comercialização de excedentes como uma possível fonte de renda adicional;

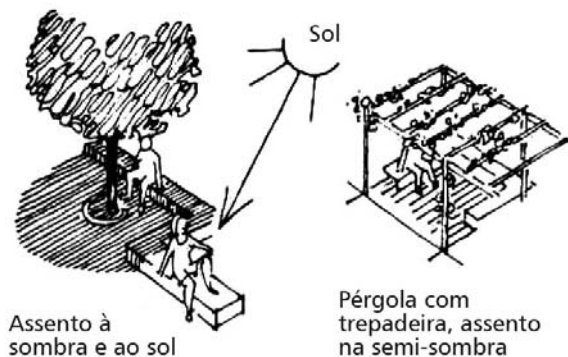


Figura 80 – Uso intenso da vegetação para diferentes funções
Fonte: Prinz (1980)

Beleza, desfrute e utilidades das árvores

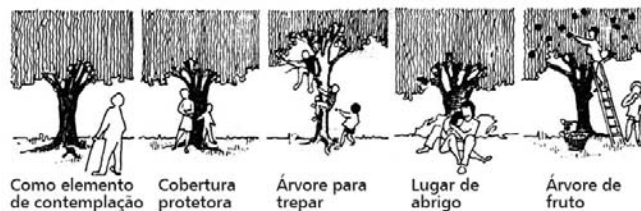


Figura 81 – Formas diferentes de usar um mesmo elemento, de acordo com o usuário
Fonte: Prinz (1980)



Figura 82 – O uso de vegetação de diferentes portes para configurar espaços



Figura 83 – Espiral de ervas



Figura 84 – Lago aquacultural e plantas aquáticas no Rincão Gaia, em Pantano Grande, RS



Figura 85 – Exemplo de plantas aquáticas integrando o projeto paisagístico do Vila Ventura, em Viamão, RS

l) utilização de composteiras associadas a minhocário, para tratamento de resíduos sólidos orgânicos;

m) utilização de galinheiro conjugado com estufa (Figura 29); e

n) criação de lago aquacultural, com variedade de plantas e animais, tanto para tratamento dos efluentes da comunidade e produção de biomassa quanto para atividades de lazer e contemplação da paisagem (Figuras 84 e 85).

7.1.2.4 As propostas de implantação para a Gleba 1

Buscando aprofundar o projeto proposto para a Gleba 2 e detalhar as propostas até então desenvolvidas com base no levantamento planialtimétrico fornecido pela Prefeitura de Nova Hartz, a equipe de projeto realizou uma visita técnica detalhada à gleba, o que ocorreu em data posterior à reunião de apresentação da proposta à municipalidade de Nova Hartz. Somente então os projetistas constataram que a planta disponibilizada pela prefeitura, com o levantamento planialtimétrico, não correspondia à real topografia do local. Verificou-se que este, em grande parte, era constituído por banhados, em uma extensão muito maior do que o identificado no levantamento disponibilizado. A equipe de projeto concluiu, então, que nenhuma implantação habitacional sustentável poderia ser ali realizada, tendo em vista ser esta uma área com características naturais de banhado, cujo ecossistema deveria ser primordialmente preservado, e considerando que qualquer proposta diferente

requereria uma grande intervenção em termos de terraplenagem. Esse entendimento foi comunicado ao prefeito da cidade, que compreendeu e apoiou tal posicionamento.

O NORIE, então, propôs que se desenvolvesse um projeto alternativo, agora para a Gleba 1, a partir da sua infra-estrutura já definida. Para essa área já havia uma população-alvo: os moradores da Vila dos Trilhos (cujo nome estava associado à invasão de uma área por onde, no passado, passara uma linha ferroviária, já há muitos anos desativada) e da Vila Tomate (cujos moradores estavam sendo despejados de suas moradias pela proprietária, em função de inadimplência no pagamento de aluguéis e do desejo expresso por ela de dar uma destinação diversa à área). Para a Gleba 1, o NORIE propôs que, em vez de somente implantar unidades habitacionais sustentáveis, sobre uma infra-estrutura convencional, predeterminada, poder-se-ia estudar novas formas de realizar uma implantação urbana mais sustentável. A necessidade de adaptar projetos já existentes tornou-se, então, um desafio a ser alcançado.

Novos rumos, assim, foram traçados para a implantação do CETHS. Como havia uma proposta de “loteamento” para a Gleba 1, já aprovada pela FE-PAM e pela Secretaria da Habitação do Estado do Rio Grande do Sul, com um total de 49 lotes, a maioria dos quais com as dimensões de 11 m x 18 m, a equipe do NORIE, a partir de então, buscou propor propostas mais sustentáveis para esse empreendimento, dentro de tais condicionantes. A riqueza de conteúdo das propostas desenvolvidas para a Gleba 2 represen-

tou a base sobre a qual seriam desenvolvidos os novos trabalhos. Partiu-se, então, após negociação com representantes da Prefeitura de Nova Hartz, para o estudo da implantação do CETHS na Gleba 1 (2,3 ha), buscando adaptar os projetos de infra-estrutura urbana já existentes e aprovados pelos órgãos competentes a princípios sustentáveis. Os projetos de rede de distribuição de água, rede elétrica, esgoto cloacal, esgoto pluvial, desenho urbano, pavimentação e arborização passaram a ser, então, repensados e reformulados visando ao mínimo impacto ambiental.

Passou-se, assim, a considerar que a Gleba 2, como já referido, localizada em área adjacente ao loteamento, em grande parte constituindo um banhado, seria integrada ao novo projeto, com a função de área de preservação e se tornando objeto de construção de um lago em parte de sua superfície. Esse lago, a ser construído, seria utilizado para a implementação de um sistema alternativo de tratamento do esgoto cloacal, previsto para o projeto CETHS, pretendendo-se utilizá-lo para promover a fase final do tratamento ou polimento dos efluentes. Essa fase final do tratamento seria realizada com a utilização de plantas aquáticas, que, ao filtrarem a água dos efluentes, converteriam os resíduos remanescentes do sistema de tratamento em biomassa. Através desse processo, essas plantas se incorporariam ao ciclo produtivo, servindo para a produção de composto orgânico, ou para a alimentação de animais domésticos, propostos como forma de busca de auto-sustentação alimentar para o empreendimento. Propunha-se, assim, que a água que saísse do lago, já livre de contaminantes e com mínimo conteúdo de produtos

tóxicos, seria conduzida para o banhado. Assim, em ambos os locais, poder-se-ia acrescer funções produtivas ao sistema, como a de produção de peixes.

7.1.2.5 Infra-estrutura urbana para a Gleba 1

Em relação às propostas de infra-estrutura urbana, são apresentadas, nos itens seguintes, as principais estratégias de projeto utilizadas para desenho urbano, pavimentação, rede elétrica e iluminação pública, abastecimento de água, gerenciamento de águas pluviais e águas cinzas, tratamento e disposição de águas negras, manejo de resíduos sólidos, agricultura urbana e paisagismo produtivo

Desenho urbano e pavimentação

A idéia inicial de intervenção no projeto de loteamento existente foi a de modificar a relação de interação entre os elementos que compõem a paisagem urbana - homem, edifício, automóvel, vegetação, infra-estrutura -, transformando a rua em um lugar que possibilitasse o convívio comunitário integrado, tanto física como socialmente. Dessa forma, valorizar-se-ia o pedestre, buscando a idéia da rua como evento e unificadora de funções. Estipulou-se, assim, uma menor diferença de nível entre as áreas destinadas ao passeio público e às destinadas ao tráfego de veículos, possibilitando espaços destinados integralmente ao convívio entre os futuros moradores do local. Permitir-se-ia o acesso de veículos, porém sempre enfatizando o respeito ao pedestre. Foi proposto, então, um leito carroçável estreito, sinuoso e em um só sentido, de forma não convidativa para a circulação rápida de veículos automotores (Figura 86).

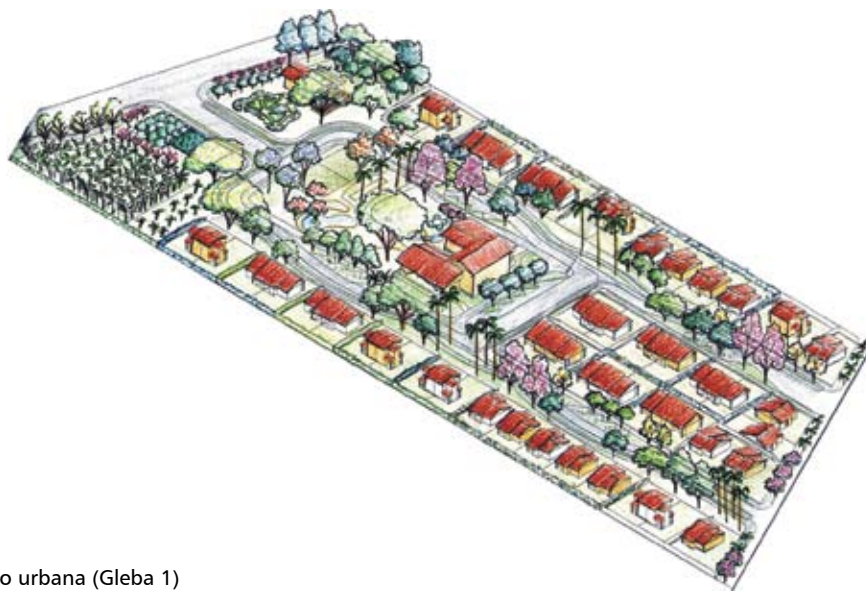


Figura 86 – Implantação urbana (Gleba 1)

A beleza da paisagem orientou o lançamento das decisões de projeto, buscando harmonizar integralmente todos os itens que o constituíam. Através do ordenamento da vegetação e da forma do percurso, foram criados bolsões com vegetação e mobiliá-

rio urbano, configurando lugares de estar (Figura 87). Além disso, foram limitadas as áreas para estacionamento, com estipulação de 18 espaços para vagas de automóvel, que, se não utilizadas, também se transformariam em locais de lazer e estar.

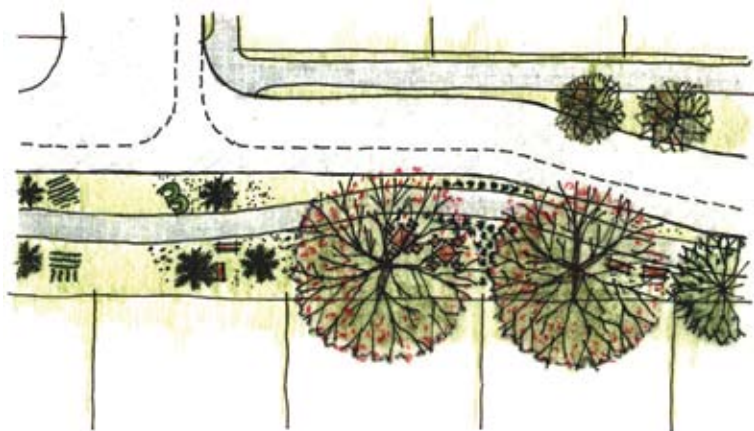


Figura 87 – Pavimentos permeáveis

A proposta incluiu a utilização de pavimentos modulares, com juntas secas, que possibilitam a infiltração das águas de chuva, diminuindo o volume de água do escoamento superficial e alimentando o lençol freático do local. A manutenção do lençol freático contribuiria para a conservação de ecossistemas locais.

Rede elétrica e iluminação pública

As especificações técnicas da rede de energia elétrica seguiram o projeto convencional, que já havia sido aprovado, sendo alterada somente a localização do posteamento do suporte, devido a questões de posicionamento da vegetação e previsão de acessos de automóvel ao interior dos lotes.

O projeto utilizou estratégias de redução do consumo de energia elétrica, através de propostas para o aquecimento solar passivo das habitações e de estudos para analisar a viabilidade de uso de energia eólica, para o bombeamento de água do poço artesiano diretamente para o reservatório coletivo. Foi proposta, também, a utilização de biomassa em fogões a lenha, para o processamento de alimentos e para o aquecimento dos ambientes da casa.

Quanto à iluminação pública, salienta-se que as luminárias foram agregadas aos postes de condução da rede elétrica, que seriam implementados somente nas calçadas com orientação sul, juntamente com a arborização de baixo porte. As árvores de grande porte seriam localizadas nas calçadas com orientação norte. Essa escolha ocorreu em função

da necessidade de sombreamento das áreas com maior incidência da radiação solar (Figura 86).

Gerenciamento das águas

a) Abastecimento de água

Como o abastecimento de água na cidade de Nova Hartz é feito por meio de poços artesianos (SZUBERT, 1994), foi proposto um controle rigoroso na execução da perfuração de novos poços, assim como um monitoramento constante da qualidade da água. O projeto original do assentamento na Gleba 1 já previa a perfuração de um poço artesiano, localizado na área institucional. Para minimizar a utilização de energia elétrica pela bomba de recalque, foi prevista a utilização de um cata-vento, junto ao reservatório comunitário, para bombear e elevar mecanicamente a água proveniente desse poço. Dessa forma, a bomba somente seria acionada para suprir a demanda em dias de vento insuficiente.

A rede de abastecimento de água seria desenvolvida em um eixo paralelo aos alinhamentos frontais dos lotes, e deveriam ser previstas esperas para todos os lotes, para evitar intervenções desnecessárias na pavimentação.

b) Águas pluviais

Nas áreas condominiais, as águas pluviais seriam recolhidas por canal de escoamento, localizado entre o leito carroçável e uma ciclovia. O leito pluvial seria constituído por um canal revestido por manta geotêxtil, que permitiria a infiltração da água no solo durante o percurso.

Esse leito pluvial seria preenchido com pedrade-mão, garantindo a drenagem das águas superficiais e o aproveitamento posterior das águas não absorvidas pelo solo, que seriam estocadas em dois tanques (Figura 88), para irrigação da área de produção de alimentos, além de suprimento do lençol freático (GORDON, 1990).

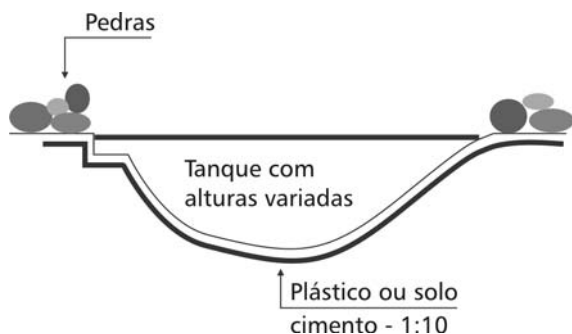


Figura 88 – Tanque de estocagem (corte)

Nas habitações, a água da chuva recolhida no telhado seria armazenada em dois tanques e utilizada para a descarga do aparelho sanitário, podendo o excedente, se houvesse, ser direcionado para outras atividades.

A ciclovia e o leito carroçável foram projetados com inclinação suficiente para atuar, também, como reserva técnica de escoamento (MASCARÓ, 1994), possibilitando o acúmulo de água, no caso de chuva abundante, evitando, assim, o alagamento dos passeios de pedestres (Figura 89).

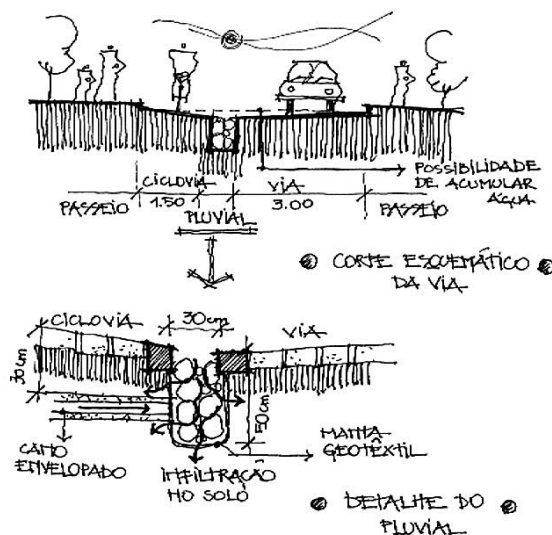


Figura 89 – Perfil da rua e detalhe do pluvial

Em um primeiro momento, tanto a ciclovia como o leito carroçável não possuiriam inclinação, uma vez que não seria executada a pavimentação das ruas. Essa medida garante que as águas pluviais possam ser lentamente absorvidas pelo solo, de modo a não ocorrer o deslocamento da superfície de saibro para dentro do canal pluvial, ocasionando sua colmatação.

Quando necessário, seriam criados dois sentidos de escoamento dentro dos lotes, implementando uma linha de recolhimento do escoamento superficial, no fundo do lote, e outra, na frente, como mencionado antes (Figura 90). A linha de recolhimento no fundo do lote constituiria um canal permeável, revestido de solo cimento (traço 1:8), localizado junto à divisa (MORETTI, 1997), o qual possibilitaria a

infiltração da água ao longo do percurso e conduziria o excedente para irrigação das áreas comunitárias. Salienta-se que parte da água da chuva seria absorvida por pavimento permeável e pelo próprio terreno, uma vez que a proposta para as áreas pavimentadas estipulava a utilização de blocos modulares com juntas secas.

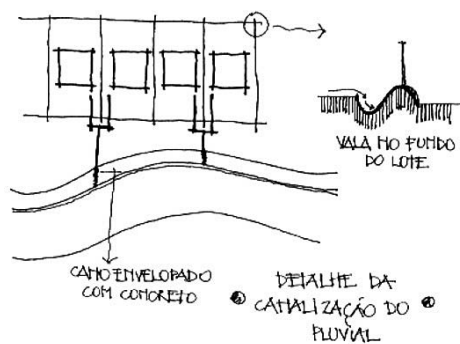


Figura 90 – Detalhe da chegada das águas de chuva ao canal pluvial

c) Águas cinzas

As águas cinzas seriam conduzidas para uma caixa de gordura e decantação primária (PROSAB, 1999a), existentes em cada lote individual.

Na caixa de gordura e decantação, seriam separadas as águas provenientes da pia da cozinha, misturadas com gordura, das demais águas cinzas provenientes do tanque, lavatório e chuveiro (Figura 91).

Após esse processo, as águas cinzas seriam encaminhadas para um tanque de estocagem, no próprio lote, com capacidade de 400 litros. Esse pe-

queno tanque poderia ser utilizado para irrigar uma eventual horta local. O excedente, não utilizado para a irrigação das hortas, poderia ser conduzido para a rede pluvial.

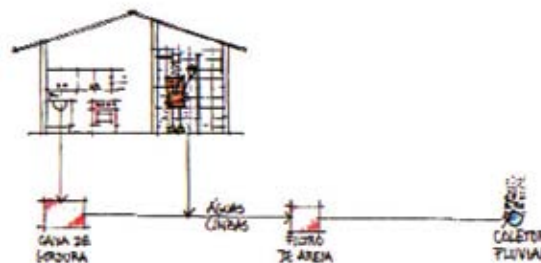


Figura 91 – Sistema de águas cinzas

As águas provenientes dessas caixas de decantação seriam, então, conduzidas para a rede pluvial, em tubulação unificada, a cada duas casas. Essa tubulação, que conecta as caixas de decantação primária ao canal destinado ao pluvial, seria envelopada nos trechos abaixo do leito carroçável e da ciclovia, para resistir ao peso recebido do tráfego. O ponto de chegada da tubulação das águas cinzas ao pluvial deveria receber uma grelha, para impedir que as pedras-de-mão, que compõem o canal, não se desbloqueassem para o interior dos canos condutores das águas cinzas.

As águas cinzas conduzidas pelo canal do pluvial não absorvidas pelo solo seriam estocadas em dois pequenos lagos de aquacultura, localizados na área de produção de alimentos (Figura 86). Esses lagos de estocagem dão continuidade ao tratamento das águas cinzas, através de plantas aquáticas, permitindo uma melhoria na qualidade da água, o que

possibilita sua reutilização na irrigação (TODD, N.; TODD, J., 1994). Para o sistema de condução e distribuição das águas provenientes desses lagos, foi proposto um sistema que fosse executado de modo a se adaptar à topografia do terreno (LYLE, 1997), constituindo canais de formas orgânicas, denominados *flowforms*, que, por seu formato, fazem com que a água desenvolva um percurso oscilante, em forma de um número oito, dotado de pequenas quedas, assim contribuindo para a oxigenação da água.

A caixa de decantação (Figura 92) teria por objetivo separar os sólidos contidos no efluente. O efluente proveniente do tanque, lavatório e chuveiro entra por uma grande câmara, ao passo que a água da pia da cozinha passa por uma caixa de gordura antes de ser enviada à câmara maior.

d) Águas negras

A estratégia adotada para o loteamento previa que a tubulação condutora das águas negras seria implementada em área pública, junto ao alinhamento dos lotes, e recoberta por jardins, para facilitar

o acesso para manutenção. A escolha da vegetação utilizada nos jardins deveria ser criteriosa para que as raízes não interferissem na tubulação. Deveriam ser executadas esperas de esgoto para todos os lotes, facilitando a conexão individual de cada lote, com a previsão de caixas de inspeção.

Os resíduos provenientes dos vasos sanitários seriam tratados conforme as etapas a seguir (Figura 93).

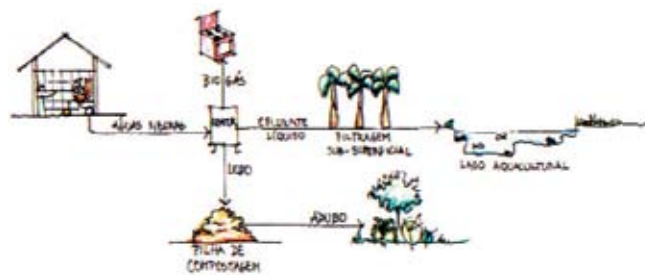


Figura 93 – Gestão das águas negras

Todo o resíduo proveniente dos vasos sanitários seria conduzido diretamente a um biodigestor coletivo (reator), localizado na área de produção.

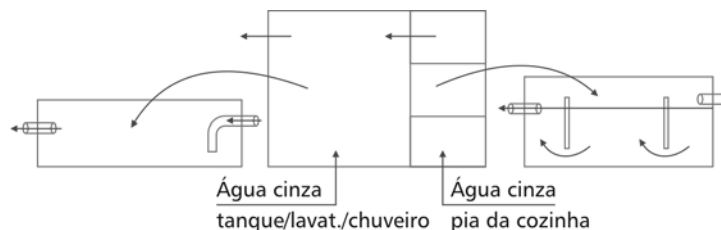


Figura 92 – Esquema de funcionamento da caixa de decantação

O biodigestor (Figura 94) pode gerar os seguintes produtos:

a) **gás metano (biogás)** – podendo ser utilizado pelos equipamentos institucionais na preparação de parte dos alimentos, na área comunitária do CETHS, ou para iluminação pública da praça;

b) **lodo** – proveniente do biodigestor, aí tendo passado por processo anaeróbio, coletado e enviado para a composteira coletiva, gerando um produto denominado por Lyle (1994) como co-composto (lodo + sobras de jardim), o qual, posteriormente, pode ser utilizado para melhorar as propriedades do solo (ROLEY, 1997) na área coletiva do CETHS; e

c) **efluentes líquidos** – poderiam ser enviados a um leito de evapotranspiração e, pos-

teriormente, encaminhados a uma bacia de acumulação, natural (banhado existente) ou construída, na Gleba 2, contígua.

O leito de evapotranspiração (Figura 53) constitui um ambiente propício para a atuação de um conjunto de bactérias que processam os nutrientes ainda contidos no efluente, permitindo que sejam utilizados pelas plantas do leito. Essas plantas poderão ser utilizadas como alimentação (os seus frutos) pelos moradores, como ração para os animais ou enviadas para uma composteira coletiva.

Por fim, salienta-se que o tratamento local das águas residuárias, possibilitando a sua reutilização, é fundamental para diminuir a “pegada ecológica” (WACKERNAGEL; REES, 1962), característica da implantação de loteamentos tradicionais, ainda baseados em princípios denominados por Lyle (1997) como paleotécnicos, os quais são descomprometidos com a qualidade do meio ambiente em que estão inseridos.

A aplicação dessas estratégias sustentáveis de gerenciamento regenerativo das águas reduz a dependência de abastecimento público, beneficiando tanto os moradores do loteamento, por propiciar uma economia significativa de recursos financeiros (PAIM; CHAVES, 1995), como os demais moradores da cidade na qual o projeto está inserido, já que as águas servidas serão estocadas, tratadas e reutilizadas, diminuindo o impacto ambiental, pela otimização do uso de recursos da natureza (LYLE, 1997).

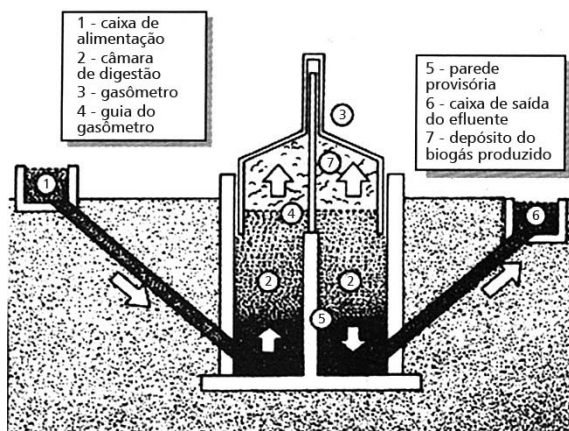


Figura 94 – Proposta de um biodigestor
Fonte: Soares (1998)

Resíduos sólidos

Usualmente, o lixo ainda é tratado como algo que não pode ser reaproveitado. Na natureza os ciclos de energia e materiais são fechados (Figura 95). O homem age de forma distinta, interrompendo esse processo cíclico natural e enviando esses recursos a depósitos, após serem utilizados uma única vez (Figura 96). Soma-se a isso o fato de o homem estar aumentando, cada vez mais, o consumo individual e, também, criando produtos de difícil absorção e transformação por parte da natureza (LYLE, 1994).

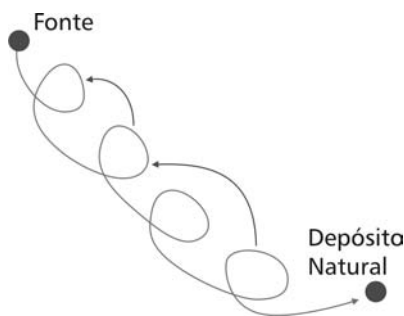


Figura 95 – Ciclo da natureza



Figura 96 – Processo unidirecional do homem

A cidade de Nova Hartz possui um sistema de coleta seletiva de lixo. O lixo seco é separado em uma usina de reciclagem em plásticos, metais, vidros e papéis, para ser comercializado com empresas especializadas em reciclar esses tipos de resíduos, o que contribuiria para a destinação de resíduos não facilmente biodegradáveis.

É importante destacar que um aspecto presente no projeto de uma comunidade mais sustentável é o princípio dos 5 “Rs”: **recusar** materiais que agridam a natureza como, por exemplo, PVC, outros plásticos e produtos utilizando cimento-amianto; **reduzir** o consumo de recursos naturais; **reutilizar** materiais que já foram utilizados uma vez e que podem ser reaproveitados; **reciclar**, ao aproveitar sobras e transformá-las em recursos, iniciando um ciclo novamente; e **restaurar**, ao reorganizar o ambiente, restabelecendo a paisagem.

Um exemplo ilustrativo da aplicação desses princípios é o caso das garrafas PET. O primeiro passo seria o de **recusar** adquirir esse material, por se tratar de um recurso não renovável. Caso não seja possível, **reduzir** a quantidade de garrafas PET é essencial. Após serem utilizadas, as garrafas podem ser **reaproveitadas** como jarras para líquidos, brinquedos ou vasos para mudas de plantas. Em último caso, as garrafas PET são enviadas para **reciclagem**, onde serão transformadas em outros produtos.

Para que o conceito dos 5 “Rs” se fizesse presente no dia-a-dia do CETHS, seria muito importante o desenvolvimento de um programa de educação

ambiental da comunidade, contribuindo para a busca de sua sustentabilidade (Figura 97).

O lixo orgânico pode ser caracterizado como composto de sobras de jardim e restos de cozinha. As sobras de jardim são galhos, folhas, frutas estragadas, aparas de podas e grama, e outros. Já os restos de cozinha são provenientes das sobras alimentares dos moradores da comunidade.

O lixo orgânico pode ser destinado a composteiras individuais e coletivas. As composteiras individuais estariam presentes nos pátios dos lotes das habitações unifamiliares, e as coletivas estariam situadas na área destinada à produção de alimentos.

A partir do armazenamento e da decomposição dos restos de cozinha e sobras de jardim, nas composteiras individuais e coletivas, a matéria orgânica proveniente desse processo poderá ser utilizada para tratamento e enriquecimento do solo das áreas de produção de alimentos individuais e coletivos.

Enfim, as propostas apresentadas em relação ao gerenciamento de resíduos no CETHS procurariam aproximar o homem da natureza, com o menor

impacto possível. A principal diretriz é imitar a natureza, trabalhando com ciclos e sempre reutilizando os recursos disponíveis. Entende-se que o homem deve procurar o equilíbrio no seu ecossistema, tornando-se parte em harmonia com o todo, ou seja, trabalhando com a natureza, e não contra ela.

Agricultura urbana e paisagismo produtivo

Tendo em vista a importância da agricultura urbana no contexto do desenvolvimento sustentável, propôs-se a implantação de um sistema de produção de alimentos. Entre as diversas estratégias empregadas no projeto, destaca-se aqui a proposta de se viabilizar a produção local de alimentos.

Primeiramente, vale esclarecer que as idéias relatadas a seguir se tratam apenas de propostas incluídas no projeto CETHS. A efetiva implantação dessas idéias dependeria de um trabalho social, que apenas se iniciou junto à comunidade que, se previa, viria a habitar o loteamento em questão e, em última análise, da decisão dessas pessoas em aceitar parte dessas propostas e/ou lançar novas idéias, de acordo com seus anseios e necessidades.

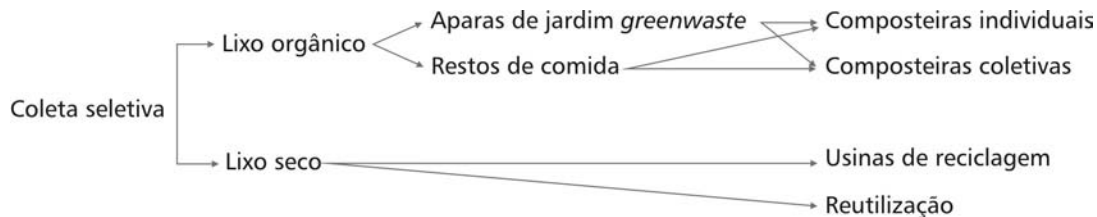


Figura 97 – Tratamento do lixo na comunidade sustentável

O projeto propôs, a princípio, a implantação de um sistema de produção de alimentos, que pode ser apresentado em dois níveis distintos, porém complementares: produção individual nos lotes; e produção coletiva em áreas de uso comum. Esperava-se que, a partir da produção obtida nesses espaços, os moradores tivessem condições de satisfazer parte de suas necessidades alimentares, bem como de dispor de uma fonte complementar de renda, mediante a comercialização dos excedentes. Acreditava-se, além disso, que o sistema de produção assim proposto levaria os moradores a buscar uma forma de organização comunitária para administrar as questões relacionadas ao cultivo e à comercialização dos produtos advindos das áreas coletivas.

a) Princípios gerais

Embora existissem locais específicos de produção previstos no projeto, como as áreas dos lotes e as de produção coletiva, tanto essas áreas executariam outras funções no projeto global do CETHS como outras áreas apoiariam as funções de produção das primeiras, sempre que possível. Visou-se, pois, a uma concepção holística de projeto e à convergência com dois princípios básicos da permacultura: a) cada elemento do sistema deve executar muitas funções; e b) cada função importante é apoiada por muitos elementos (MOLLISON; SLAY, 1998). Dessa forma, a produção de alimentos, em todo o projeto do loteamento, está intimamente associada ao seu paisagismo, e vice-versa.

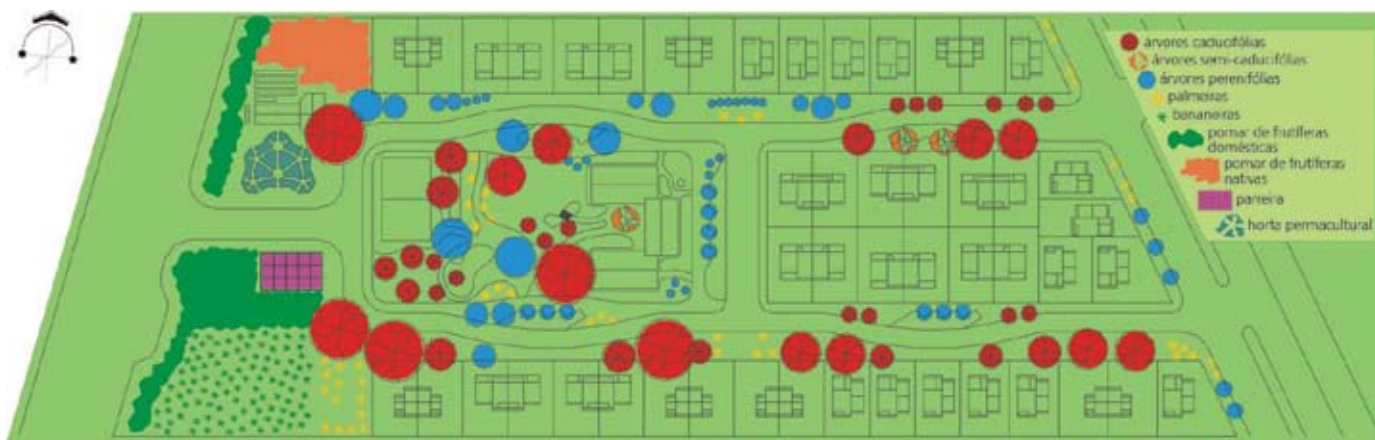


Figura 98 – Perspectiva Geral da Proposta de Paisagismo para o CETHS

Visando, portanto, agregar o maior número possível de funções à vegetação, bem como articulá-la com os demais elementos do projeto CETHS, a proposta de paisagismo para o loteamento procurou atingir os objetivos a seguir, que podem ser estendidos a todas as áreas, inclusive às de produção.

Paisagismo produtivo

Propõe-se, sempre que possível, o emprego de espécies que desenvolvam alguma função produtiva. Busca-se aqui uma visão mais abrangente do termo “produção”, procurando uma maior proximidade com os princípios da sustentabilidade. Essa produção se refere, portanto, a qualquer produto ou subproduto que essas espécies possam gerar e que possam ser utilizados pelos moradores dos CETHS, pelas criações de animais ou pela fauna nativa. Para os moradores, essa produção pode se destinar ao consumo direto (frutos, ervas medicinais, etc.), produção de alimentos elaborados (compotas, conservas, etc.), para ser convertidos em proteína animal, ao servir de alimento para as criações, ou, mesmo, para produzir biomassa e ser reintroduzidos no ciclo produtivo, na forma de composto orgânico. Procura-se, ainda, promover a alimentação e a atração de animais da fauna nativa e, conseqüentemente, atraí-los para a paisagem do CETHS (utilizando-se, por exemplo, árvores frutíferas nativas, para a atração de pássaros, espécies atrativas de beija-flores e borboletas, etc.). Assim, em última análise, praticamente todo o loteamento terá alguma participação na produção de alimentos. Esse aspecto será discu-



Figura 99 – Paisagismo produtivo

tido mais adiante, em mais detalhes, para o melhor entendimento da proposta.

Paisagismo pedagógico

O projeto propõe que a vegetação seja utilizada como uma forma de se fazer educação ambiental. Esperava-se que a implantação do paisagismo e do sistema de produção de alimentos no CETHS fosse uma experiência de construção do conhecimento junto à comunidade. Acreditava-se que esse processo, ao ser apoiado por um trabalho social, pudesse permitir a participação dos moradores na eleição final das espécies que integrariam o paisagismo, de um modo geral, e dos cultivos que fossem desenvolvidos nas áreas produtivas. Acima de tudo, é importante que os moradores saibam **o que** estão plantando, **para que** estão plantando e **para que serve** aquilo que estão plantando, tanto em relação ao meio ambiente como em relação à sua própria

alimentação e saúde. Portanto, o projeto prevê a indicação de uma série de espécies de relevância ambiental e produtiva para o caso do CETHS, entre elas espécies nativas regionais, espécies frutíferas nativas, espécies de uso medicinal e espécies produtivas para a alimentação em geral (tanto nativas como exóticas). Foi preocupação do projeto, ainda, descrever as espécies indicadas quanto às suas diversas características, funções para o meio ambiente e formas de utilização possíveis para o homem, para que as pessoas, efetivamente, conhecessem, respeitassem e usufruíssem as potencialidades das espécies que fariam parte do entorno de suas habitações.



Figura 100 – Educação ambiental

Conforto térmico

A vegetação seria utilizada para melhorar as condições térmicas, tanto das habitações quanto das áreas de convívio e de circulação. A título de exemplo, árvores de grande e médio portes foram propostas para ser utilizadas nos passeios localizados

na face norte dos lotes, visando-se ao sombreamento das habitações no verão, preocupando-se com que elas sejam caducifólias, para permitir a passagem dos raios solares no inverno. Junto à habitação, propôs-se, ainda, a utilização de trepadeiras caducifólias e frutíferas, em pergolados, localizados junto à fachada oeste, também com a finalidade de sombreamento no verão e de insolação no inverno.

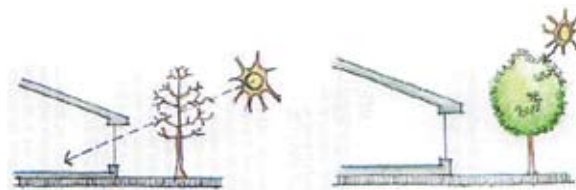


Figura 101 – Vegetação contribuindo para o conforto térmico

Conforto psicológico

Além da ação física direta da vegetação sobre o conforto humano, sabe-se que a vegetação bem planejada pode produzir efeitos benéficos sobre a saúde psicológica das pessoas, transmitindo sensações de tranquilidade e relaxamento, que contribuem para a sua sensação de bem-estar. Tendo em vista esse fato, o projeto se preocupou com as qualidades estéticas da composição da paisagem, além de buscar permitir o máximo contato dos moradores com a vegetação, na maior parte dos espaços disponíveis. Considera-se aqui não somente as características visuais, mas também a exploração de características da vegetação

relacionadas a outros sentidos humanos, tais como o paladar, a audição, o tato e o olfato. Dessa forma, procurou-se criar ambientes que estimulassem o experienciar da vegetação, seja através de cores, formas e texturas de plantas, de ouvir os pássaros que abriga, seja pela oportunidade de saborear os seus frutos ou sentir o perfume que exalam.

b) Soluções apontadas para a produção

Tendo em vista os objetivos anteriormente citados, descrevem-se, a seguir, algumas soluções propostas para o projeto CETHS.

Lotes - O planejamento global do CETHS permitia que os moradores pudessem dispor de áreas de produção privadas, uma vez que o conjunto habitacional foi dividido em lotes individuais.

Para os lotes, é proposta uma série de possibilidades produtivas inspiradas na permacultura (MOLLISON; SLAY, 1998), adaptáveis a pequenos jardins urbanos, entre as quais horta permacultural, espiral de ervas e galinheiro móvel.

Horta permacultural - Consiste de uma horta que utiliza um design racional, onde as espécies são dispostas de acordo com o seu porte e a necessidade de manejo, e onde há uma preocupação com princípios de ergonomia, ao facilitar o acesso aos canteiros para operações de plantio, manutenção e colheita.

Espiral de ervas - Consiste de um canteiro para o cultivo de ervas medicinais e temperos para a cozinha. Esse canteiro possui o formato de uma espiral ascendente, onde as espécies são cultivadas

de acordo com a necessidade de luz e de água (por exemplo, espécies mais exigentes em luz e drenagem do solo são plantadas em posição mais acima da espiral, onde a iluminação direta é maior e onde o solo é mais bem drenado).

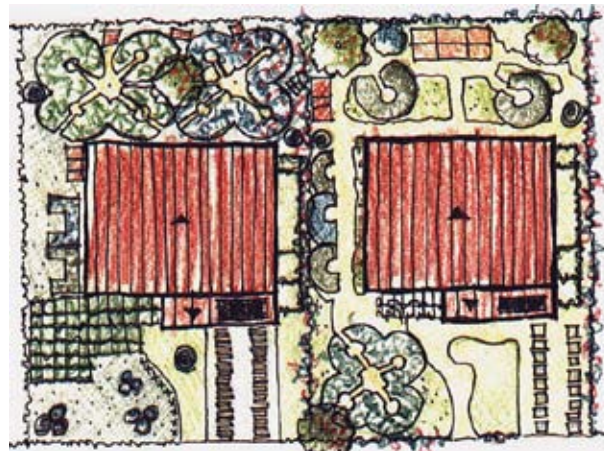


Figura 102 – Proposta de lotes permaculturais



Figura 103 – Espiral de ervas

Galinheiro móvel – Consiste de um pequeno galinheiro, que pode ser deslocado facilmente sobre o solo. Além de fornecer ovos e carne, esse tipo de galinheiro pode aproveitar a ação do chamado efeito “trator galinha”, que consiste na aragem do solo, provocada pelo hábito de ciscar da galinha, e na fertilização do solo, com os seus excrementos.

Propôs-se, ainda, para os lotes, o cultivo de arbustos e árvores frutíferas de pequeno porte (nativas ou exóticas), o cultivo das cercas de divisa entre os terrenos e o cultivo sobre pergolados, situados junto às casas, com trepadeiras produtivas. O projeto CETHS previu, também, a reciclagem do lixo orgânico doméstico, através da compostagem e da aplicação do composto resultante nos cultivos realizados nos próprios lotes.

Passeios – O desenho urbano do CETHS previu a criação de áreas de convívio junto aos passeios localizados em frente aos lotes. Esse desenho possibilita a implantação de vegetação nessas áreas, em três níveis distintos quanto ao porte: árvores, arbustos e herbáceas.

Em relação à arborização dessas áreas, procurou-se recomendar as espécies tomando-se por base a seguinte ordem de prioridade: a) espécies nativas regionais; b) espécies frutíferas nativas do RS, úteis à alimentação humana; c) espécies frutíferas nativas do RS, úteis à alimentação da fauna; d) espécies nativas do RS de uso medicinal; e e) espécies com floração ou demais atributos ornamentais.

Embora sejam priorizadas as árvores nativas regionais nessa área, principalmente por uma ques-

tão de educação ambiental, existe uma preocupação, sempre que possível, em se trabalhar com frutíferas nativas, a fim de contribuir com a produção de alimentos. Mesmo quando as espécies selecionadas não foram frutíferas, procurou-se identificar outras utilidades dessas plantas para o homem (cabe salientar que grande parte das árvores nativas regionais possuem algum uso medicinal).



Figura 104 – Paisagismo junto aos passeios

Ambos os lados dos passeios possuiriam canteiros, que seriam cultivados com espécies arbustivas e herbáceas. Os critérios de seleção dessas espécies, embora também procurassem utilizar espécies nativas, sempre que possível, diferenciam-se daqueles utilizados para arborização, uma vez que enfatizam muito mais as questões produtivas do que as ornamentais. Esses espaços procuraram conjugar produção e ornamentação, mediante a priorização do uso de espécies produtivas de alimentos, de uso medicinal, aromáticas, de floração ornamental, melíferas, atrativas para beija-flores, atrativas para borboletas,

entre outras características. Destaca-se, ainda, a priorização de espécies que possuam ciclo perene e que sejam pouco exigentes em manejo. Essas áreas poderão vir, com o tempo, a se tornar áreas de produção coletivas, cujos moradores poderão se responsabilizar pelo plantio e manutenção da vegetação em frente aos seus lotes.



Figura 105 – Arborização e áreas de convívio

Área verde - O projeto do loteamento previa, também, a existência de uma área verde para a construção de uma praça. Junto a essa praça estavam previstas instalações físicas para um centro comunitário e uma creche, quadras esportivas e *playground*. Priorizaram-se, portanto, nessa área, mais as questões sociais e recreativas da comunidade do que a atividade produtiva. Seriam empregados, também aí, os três níveis de vegetação mencionados anteriormente, procurando conjugar critérios semelhantes de seleção, porém com maior ênfase nas qualidades ornamentais das espécies. Sempre que possível, no entanto, espécies produtivas também seriam empregadas, desde que não fossem exi-

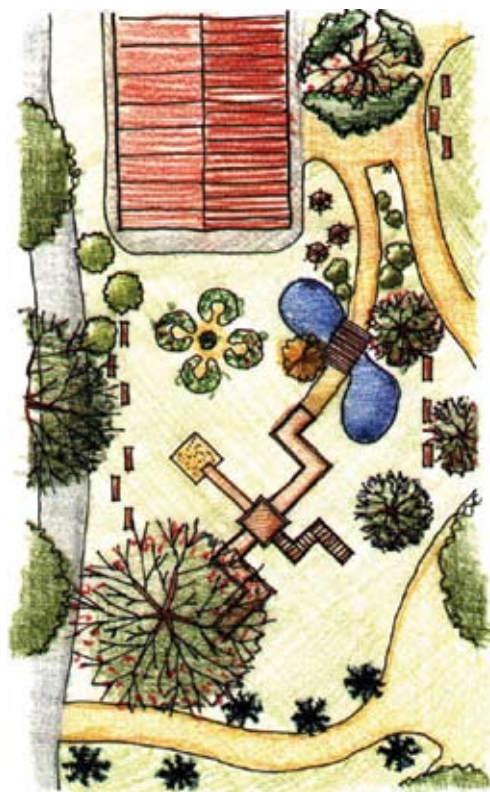


Figura 106 – Área verde

gentes em manutenção e não entrassem em conflito com as funções de lazer da área. Não obstante, um aspecto importante a ser ressaltado aqui, em relação a essa área, é o visual para a área de produção coletiva propriamente dita (da qual se tratará a seguir). Embora essa área seja voltada à recreação, o projeto se preocupou em permitir aos seus usuários a visualização das atividades produtivas que ocorressem próximo à praça, agregando à paisagem de seu entorno as qualidades estéticas das hortas e pomares, e conferindo um “ar rural” ao local.

Área de produção coletiva - O projeto CETHS previu a existência de uma área específica para a produção coletiva de alimentos. A forma de administração das atividades nesse local deveria ser decidida pela própria comunidade, com o suporte de um trabalho na área social, a ser desenvolvido pela prefeitura de Nova Hartz. A idéia lançada pelo projeto é que a produção dessas áreas se destine ao abastecimento direto das famílias habitantes do CETHS, ao abastecimento do centro comunitário e da creche, e à comercialização dos excedentes, como complemento à renda da comunidade.

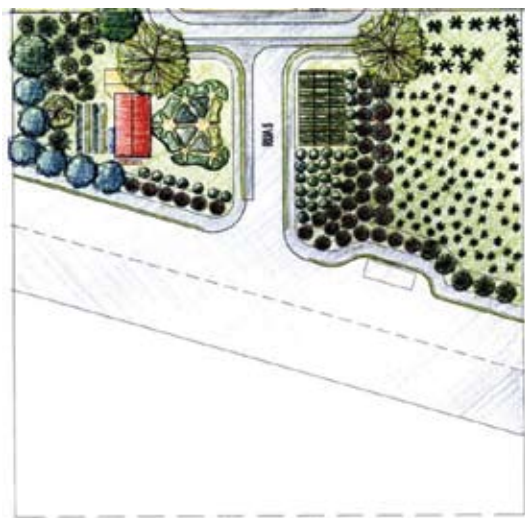


Figura 107 – Áreas de produção coletiva junto à via que separa a Gleba 1 da Gleba 2, com *casa demonstrativa*

As técnicas de cultivo propostas são baseadas nas filosofias de produção ligadas ao paradigma da agricultura sustentável, ou seja, aproveitando recur-

sos locais (com o emprego de mão-de-obra local), utilizando adubação orgânica (composto orgânico, proveniente de resíduos oriundos de podas e limpeza de áreas coletivas, e do lixo orgânico do centro comunitário e da creche), valorizando a biodiversidade (policulturas), promovendo a interação entre criações animais e cultivos vegetais (alimentando os animais com as sobras da produção vegetal e fertilizando os cultivos vegetais com o esterco dos animais), utilizando técnicas de controle de pragas e doenças, sem a aplicação de defensivos químicos (através do uso de inseticidas e fungicidas biológicos, controle biológico, alelopatia, rotação de culturas, etc.), entre outros.

Alguns dos elementos de produção sugeridos pelo projeto para essa área são:

- a) hortas-mandalas: trata-se de hortas permaculturais, que possuem forma de mandala ou fractal. Além de conferir um aspecto interessante à paisagem, esse tipo de horta também torna mais fáceis as práticas de cultivo (MOLLISON; SLAY, 1998);
- b) galinheiro associado com o viveiro: ao conjugar essas duas funções em uma mesma estrutura (obviamente isoladas por tela entre si), segue-se, também, uma técnica sugerida pela permacultura, aproveitando o calor gerado pelos corpos das galinhas no viveiro, durante a noite, quando ocorre a queda de temperatura (MOLLISON; SLAY, 1998);
- c) pomar consorciado com plantas rasteiras e trepadeiras: procura criar um sistema policultural, utilizando várias espécies de plantas

rasteiras e, eventualmente, trepadeiras, junto e entre as árvores frutíferas do pomar. A idéia é fazer com que as espécies possam interagir positivamente entre si (por exemplo, o plantio entre as árvores de espécies leguminosas, que fixam nitrogênio no solo, para ser utilizado por aquelas), além de valorizar a biodiversidade, como forma de reduzir os danos provocados às culturas pelas pragas e doenças (FREUDENBERGER; WEGRZYN, 1994); e

d) viveiro de mudas: para ser instalado, ainda, na área de produção coletiva, como um viveiro para a produção de mudas, tanto de ornamentais como de espécies produtivas, a fim de abastecer a demanda por mudas do loteamento (inclusive dos lotes) e, eventualmente, comercializar o excedente.

A água a ser utilizada nos cultivos seria proveniente basicamente de duas fontes: de reservatórios, em forma de pequenos lagos, que são abastecidos por um sistema alternativo de escoamento pluvial das ruas e dos lotes proposto pelo projeto CETHS, e pelo lago aquacultural, localizado em área adjacente ao loteamento, sobre a qual serão feitas algumas considerações, na seqüência.

Como estrutura de apoio para a comercialização dos excedentes, o projeto previa a construção de uma *casa demonstrativa* (baseada em tipologia projetada pelo NORIE, com vistas à sustentabilidade), onde seriam recebidos eventuais visitantes do CETHS e que também seria utilizada para a venda dos produtos pela comunidade (Figura 36).

Por fim, procurando cumprir as diretrizes anteriormente apresentadas, foi elaborada uma pesquisa visando produzir informações capazes de orientar o projeto de arborização urbana do CETHS. A pesquisa resultou em uma série de três quadros de “Espécies Arbóreas”, recomendadas para a arborização do loteamento, cujo processo de elaboração é descrito a seguir.

Os quadros “Espécies Arbóreas” foram construídos a partir da compilação de dados obtidos por revisão bibliográfica e podem ser consultados, em sua íntegra, no volume 1 do Relatório do Projeto CETHS disponível no site do Programa Habitare (<http://www.habitare.org.br>). A seleção das espécies recomendadas partiu da listagem de espécies apresentada pelo Plano Diretor de Arborização Urbana de Porto Alegre, como prioritária para a produção para fins de programas de arborização urbana nesse município (SANCHOTENE, 2000). Utilizou-se essa referência como ponto de partida por se entender que o conjunto de informações geradas pelo trabalho desenvolvido em Porto Alegre representava, à época, o material mais consistente envolvendo experiências com arborização urbana em âmbito estadual, sendo utilizado, inclusive, como referência para outras regiões do país.

A partir dessa listagem inicial, realizou-se um cruzamento de informações com o Projeto Madeira do Rio Grande do Sul (REITZ; KLEIN; REIS, 1983), a fim de verificar a origem das espécies listadas, selecionando-se, por fim, apenas as espécies de ocorrência natural nesse estado. A fim de verificar, ainda,

quais dessas espécies eram nativas para a região do Vale do Rio dos Sinos, foram consultadas duas dissertações de mestrado desenvolvidas junto ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da UFRGS que se dedicaram ao levantamento de comunidades arbóreas em distintas áreas dessa região do estado (DANIEL, 1992; ROSA, 1997).

Outras características foram levantadas sobre as espécies pesquisadas, a partir da consulta a diversas fontes bibliográficas (FRANCO, 199-; LONGHI, 1995; LORENZI, 1992; 1995; REITZ; KLEIN; REIS, 1983; ROSA, 1997; SANCHOTENE, 1989). São elas: nome comum, nome científico, possibilidades de aproveitamento (de acordo com os objetivos do CETHS), velocidade de crescimento e fenologia (persistência foliar, período de floração e período de frutificação).

Os resultados obtidos foram agrupados em três

quadros distintos, relativos ao porte das espécies, conforme a classificação apresentada pelo Plano Diretor de Arborização Urbana de Porto Alegre (PDAU) (SANCHOTENE, 2000): espécies arbóreas de pequeno porte, espécies arbóreas de médio porte e espécies arbóreas de grande porte. Ressalta-se mais uma vez que, em relação à listagem original apresentada pelo PDAU, foram mantidas nos quadros somente espécies nativas do Rio Grande do Sul (RS), de acordo com Reitz, Klein e Reis (1983).

7.1.2.6 A nova proposta de implantação

Em outubro de 2000, a equipe do NORIE apresentou para a Prefeitura Municipal de Nova Hartz as novas propostas de infra-estrutura urbana e uma sugestão de locação das 13 primeiras unidades habitacionais, a serem implantadas na Gleba 1, todas com orientação de fachada principal para a direção norte.



Figura 108 – Proposta de implantação do CETHS na Gleba 1

Em relação às unidades habitacionais, conforme se pode visualizar na Figura 108, foi feita uma proposta inicial de implantação das primeiras unidades habitacionais (locadas em planta), com possibilidade posterior de alcançar um total de 49 unidades no mesmo local. Enquanto as primeiras 13 unidades a serem construídas possuiriam as características morfológicas e funcionais da Casa Alvorada, estava prevista a incorporação de novas propostas arquitetônicas (em termos de *layout*, materiais, tecnologias, etc.) para as demais unidades (Figura 109). A proposta de implantação das 13 primeiras unidades não excluiu, portanto, a concepção posterior de casas geminadas, ou de sobrados, preservando para a Casa Alvorada a implantação em lotes com fachada principal para o norte (devido a características específicas desse modelo de habitação).

Junto com a proposta de implantação das unidades habitacionais, foi desenvolvida uma proposta para o centro socioeducacional do centro experimental demonstrativo (Figura 110), o centro comunitário (KIRCHHEIM et al., 2001). O centro comunitário foi localizado na extremidade leste da quadra disponível para a sua implantação, situando-o mais próximo do centro da comunidade, de modo a ficar a uma distância mais acessível por todas as habitações. A equipe de projeto optou por uma disposição em dois blocos paralelos dispostos longitudinalmente à quadra, conformando uma espécie de “rua interna”, convidando os pedestres a utilizá-la e conduzindo para a área de produção, situada a oeste da quadra.

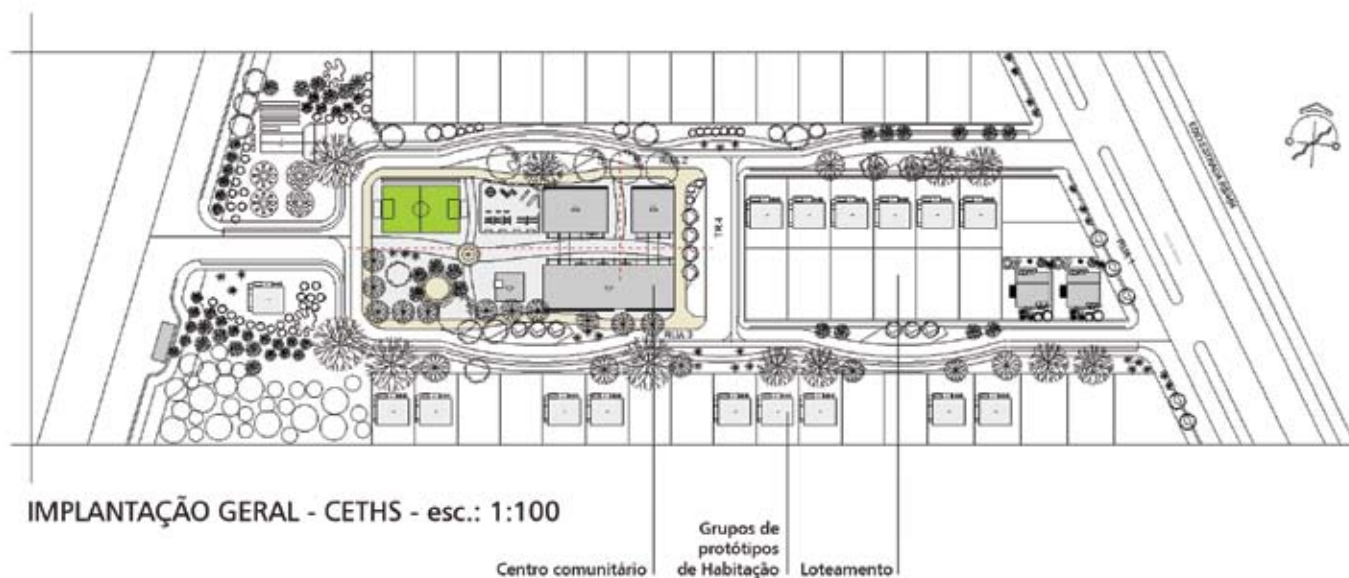
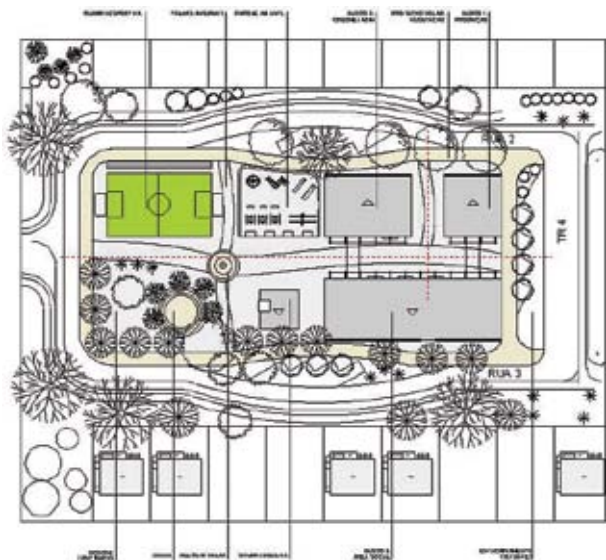


Figura 109 – Proposta de implantação para as 13 primeiras unidades habitacionais do CETHS na Gleba 1

A concepção dos dois blocos paralelos buscou facilitar a integração visual do conjunto, e a utilização de vidros e a menor compartimentação dos seus espaços foram pensadas para permitir um incremento em sua permeabilidade visual.



IMPLANTAÇÃO 1:500

Figura 110 – Proposta para o centro comunitário

A principal finalidade do centro seria a de constituir uma extensão à casa individual, transformando a vizinhança em uma comunidade e aumentando a qualidade de vida de toda a população do CETHS. O Centro abrigaria as seguintes funções: cozinha (43 m²); estar/jantar (158,5 m²), onde poderiam ser servidas refeições, assistência a TV, leitura, jogos, realização de reuniões; depósito de lixo (6,1 m²), para segregação, lavagem e armazenamento de lixo; área

de produção (73,6 m²), como uma oficina para realização de trabalhos; administração (21,5 m²), com a finalidade de planejamento e acompanhamento das atividades comunitárias; creche (75,2 m²); dormitórios (14,6 m²); e banho (4,2 m²), para abrigar visitantes ou para eventual aluguel.

As fachadas maiores do centro comunitário foram orientadas para as direções norte e sul, com a finalidade de proporcionar maior conforto térmico e lumínico, tendo sido previsto o uso de árvores com folhas caducas e pergolado com trepadeiras, para sombreamento. A circulação entre os blocos facilitaria a ventilação cruzada dentro dos compartimentos. Os prédios adotariam a estratégia de coleta das águas de chuva, a ser empregada nos banheiros, após filtração preliminar. Propôs-se, também, a utilização de coletores solares planos, para aquecimento de água, e a utilização de biogás, produzido no biodigestor do CETHS, para alimentar, pelo menos, um dos fogões da cozinha.

Os espaços abertos buscariam complementar as atividades desenvolvidas no centro comunitário, atendendo às diversas atividades, para diversos usuários (contemplando a diversidade de faixas etárias, sexo e preferências por atividades). Os pisos foram classificados em duros, macios e sem pavimentação, para possibilitar segurança nas diversas atividades. Integravam o espaço aberto os seguintes equipamentos (Figura 110): playground (abrigando equipamentos para crianças de diferentes idades), quadra poliesportiva (para o desenvolvimento de jogos de futebol, vôlei, basquete e diversas formas de ginásti-

ca), um pequeno anfiteatro (com três ou quatro níveis, incluindo um pequeno palco, para a realização de pequenas reuniões e atividades escolares, como apresentações teatrais), paisagismo produtivo (um pequeno bosque, com árvores frutíferas), churrasqueira/forno e um estar do relógio solar (espaço decorativo, com fins educacionais). A churrasqueira e o forno complementaríamos as atividades da cozinha e seriam utilizados para churrascos, assim como para a preparação de pães, biscoitos,ucas, etc., que poderiam, eventualmente, ser vendidos pela comunidade. Junto a esse espaço seria possível, também, a preparação de geléias, com as frutas colhidas nos espaços vegetados do CETHS. Circundando os equipamentos, estariam dispostas mesas, para serem utilizadas em piqueniques, algumas com tabuleiros de damas (apreciados pelos idosos). Na construção dos equipamentos poderiam ser utilizados materiais locais, incluindo-se resíduos da construção das casas e do centro comunitário. No *playground* poderiam ser utilizadas matérias reutilizáveis, como pneus velhos.

Por sua vez, o conjunto de prédios a serem construídos no local incluiria a construção de três blocos de edificações: o maior, como área social, um segundo bloco, como creche e administração, para atender às necessidades da comunidade local e, na medida do possível, de sua vizinhança, e um terceiro bloco, onde, em um espaço produtivo, poderiam ser desenvolvidas atividades que possibilitassem a geração de renda para a comunidade.

A Figura 112 apresenta uma perspectiva do conjunto de prédios do centro, e a Figura 113, uma

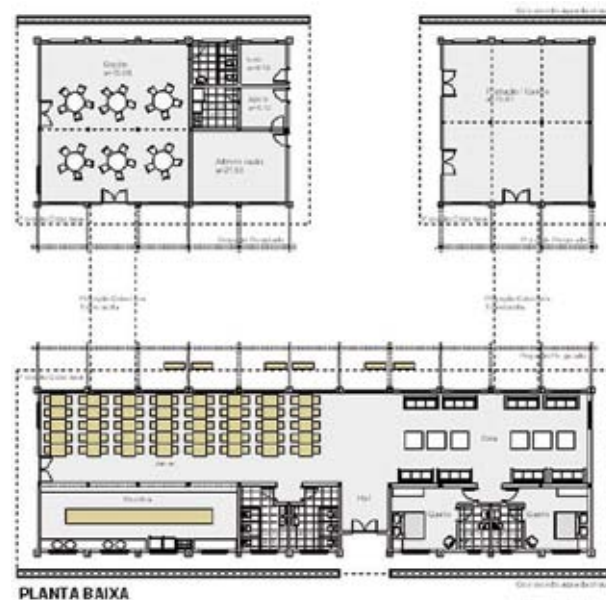


Figura 111 – Planta baixa do conjunto de prédios do centro socioeducacional do CETHS

das simulações realizadas, buscando a otimização do seu projeto de adequação bioclimática, mediante um estudo de insolação.

O memorial descritivo, orçamento e cronograma de implantação das primeiras oito unidades (que seriam viabilizadas por recursos do programa Habitar Brasil, da CAIXA) podem ser analisados em detalhe nos Relatórios do Projeto CETHS, disponíveis no site do Programa Habitare (<http://www.habitare.org.br>). Em suma, foi proposto um cronograma de obras para ser desenvolvido em um total de seis meses, sendo o primeiro mês destinado à construção de somente



Figura 112 – Perspectiva do centro socioeducacional

uma unidade habitacional, para fins de aprendizado e aperfeiçoamento do processo construtivo, e os cinco meses seguintes destinados à construção, em paralelo, das demais sete unidades. Quanto às demais uni-

dades habitacionais, a serem posteriormente implantadas na Gleba 1, até atingir um total de 49 unidades, seriam construídas de acordo com as disponibilidades orçamentárias do município.

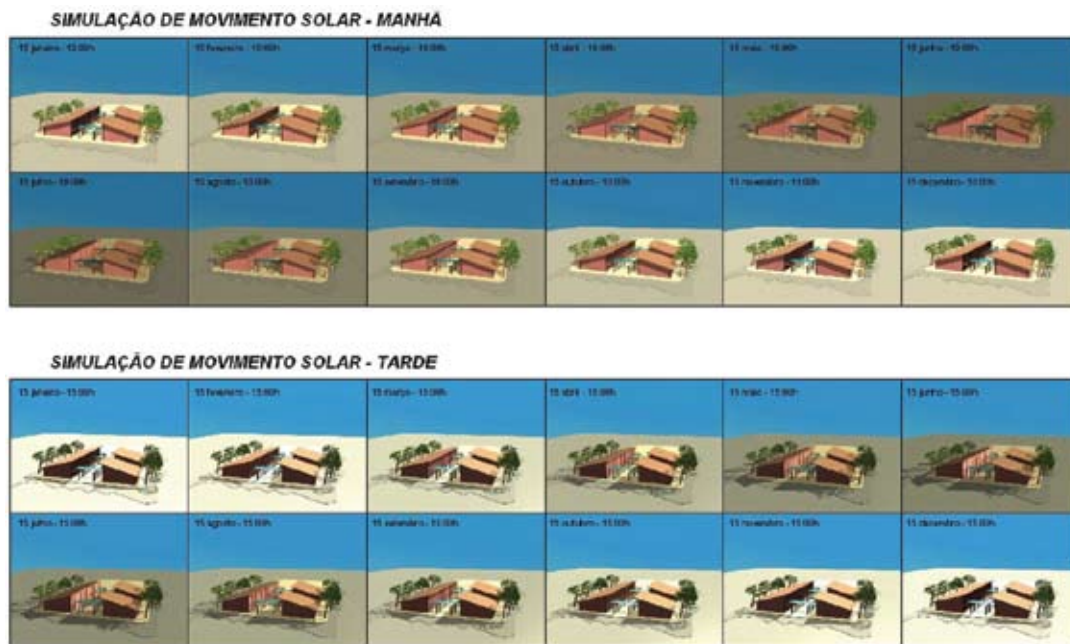


Figura 113 – Estudo de insolação do conjunto de prédios do centro socioeducacional

7.2 A Casa Verena

7.2.1 Introdução

Conforme já referido anteriormente, a proposta para o CETHS era a de criar um conjunto de sistemas construtivos alternativos, mais sustentáveis. Assim, enquanto se avançava nos projetos de infraestrutura para o local, buscou-se identificar junto à população-alvo, que potencialmente viria a habitar o centro demonstrativo de tecnologias, quais seriam as suas aspirações em termos de moradia.

Já havia sido acordado com o executivo municipal de Nova Hartz que as oito primeiras habitações, com a tipologia da Casa Alvorada, seriam destinadas a moradores da Vila dos Trilhos. Iniciou-se, então, um trabalho de consulta ao outro subgrupo, o de residentes na Vila Tomate, sobre suas necessidades e aspirações. É de se destacar que um trabalho dessa natureza, de envolvimento de potenciais usuários, não havia ocorrido no desenvolvimento da Casa Alvorada, onde os projetos foram desenvolvidos inteiramente dentro do NORIE, por alunos de pós-graduação, a partir de princípios gerais de construções sustentáveis e do que o grupo entendia fossem as aspirações de populações carentes de habitação. Assim, após visita à Vila Tomate e apresentação do grupo do NORIE à comunidade, um grupo de alunos foi incumbido de realizar um trabalho de identificação do programa de necessidades para moradores locais.

7.2.2 Definição do programa de necessidades

Os habitantes da Vila Tomate constituíam 19 famílias, que alugavam 16 casas, ocupando o pé da

encosta de uma área de preservação permanente, distante em torno de 10 km do centro da cidade de Nova Hartz. As moradias da Vila Tomate (Figura 114) estavam alinhadas ao longo de duas ruas e eram constituídas de casas de madeira, em centro de terreno, e com o sanitário em construção isolada. Na segunda visita dos alunos ao local foi aplicado um questionário, com questões fechadas, a 17 famílias, que objetivava identificar o perfil de cada família, suas necessidades básicas e aspirações (BALDONI, 2001).

Através do questionário aplicado foram identificadas as preferências a seguir para as novas moradias.

Com base nas respostas ao questionário foi definido o seguinte **programa de necessidades** para o projeto das moradias para os residentes da Vila Tomate:

- a) uma sala e cozinha conjugadas em um mesmo ambiente, mas com possibilidade de separação, com aproximadamente 15 m² de área;
- b) dois dormitórios (com 9 m² cada), com possibilidade de ampliação para mais um cômodo, incorporando um espaço para trabalho/geração de renda;
- c) um banheiro;
- d) uma área de serviço fora da casa, mas coberta;
- e) um alpendre na frente da casa; e
- f) ecotecnologias alternativas: armazenamento da água de chuva, coletor solar para aquecimento de água, ventilação e iluminação naturais.



Figura 114 – Imagens da Vila Tomate

Tabela 6 – Preferências dos moradores da Vila Tomate quanto às novas moradias

Material de construção
Madeira (47%)
Alvenaria cerâmica (35,4%)
Mista (17,6%)
Número de dormitórios
Dois dormitórios (58,8%)
Três dormitórios (41,2%)
Disposição da sala e da cozinha
Integradas (58,8%)
Separadas (41,2%)
Localização da área de serviço
Fora da casa (82,4%)
Dentro da casa (17,6%)
Alpendre
Sim (100%)
Necessidade de espaço para futura ampliação
Sim (76,5%)
Não (23,5%)
Favoráveis a estratégias que economizem água e energia
Sim (100%)
Implantação das casas no terreno
Isoladas (58,8%)
Geminadas (25,5%)
Em fita (17,8%)
Sem preferência (5,9%)
Casa térrea
Sim (100%)
Espaço para cultivo de alimentos
Sim (100%)
Reserva de espaço para automóvel no terreno
Sim (100%)

7.2.3 Estudos iniciais para a Casa Verena

Durante a implantação das oito primeiras unidades habitacionais no CETHS, foi determinado pelo Executivo municipal que duas casas ocupassem terrenos distintos daqueles originalmente selecionados para a implantação da Casa Alvorada, que requeria que sua fachada principal fosse orientada para a direção norte. Como os terrenos selecionados para essas duas casas não se ajustavam aos princípios bioclimáticos que orientavam o projeto, foi necessário buscar uma solução de projeto que contemplasse tais princípios e que tivesse a fachada principal orientada para o sul. O principal desafio foi o de, não fugindo radicalmente da proposta arquitetônica das demais unidades, adaptá-la para uma nova orientação de fachada principal, voltada para o sul. Assim, o trabalho de Baldoni (2001), que originalmente orientaria a implantação das moradias para os moradores da Vila Tomate, foi já destinado a duas famílias originárias da Vila dos Trilhos e compreendeu o desenvolvimento de um novo modelo de habitação, tendo sido realizado dentro do escopo de sua dissertação de mestrado. Essa proposta viria a constituir o que se denominou de Casa Verena.

Adiante são apresentadas as propostas da autora, que foram depois efetivamente implementadas na construção do protótipo.

7.2.3.1 Avaliação do Projeto

Assim como para o Protótipo Casa Alvorada, para a Casa Verena também foram realizados alguns estudos para estimar o seu provável desempenho. Um desses foi a avaliação realizada por Manfredini,



Figura 115 – Implantação das duas habitações modelo Verena no terreno

Bevilacqua e Maia (2004), que realizaram avaliações sob o ponto de vista da ventilação e da insolação.

Avaliação das condições de sombreamento das superfícies externas da Casa Verena

A avaliação utilizou três ferramentas computacionais de apoio: o software Art*lantis v.4.0.1, produzido por Abvent S.A.; o software Vectorworks v.8.5.1, produzido por Nemetschek N.A.; e o software SunTool v.1.10, produzido por SQUARE ONE Research PTY Ltd. O modelo para estudo foi gerado em três dimensões pelo software Vectorworks. As aplicações de texturas e simulações de implantação da edificação, através de processo de fotorrealismo, foram executadas com o auxílio do software Art*lantis, e os dados quantitativos de sombreamento, valores de posicionamento solar e informações complementares foram gerados no software SunTool.

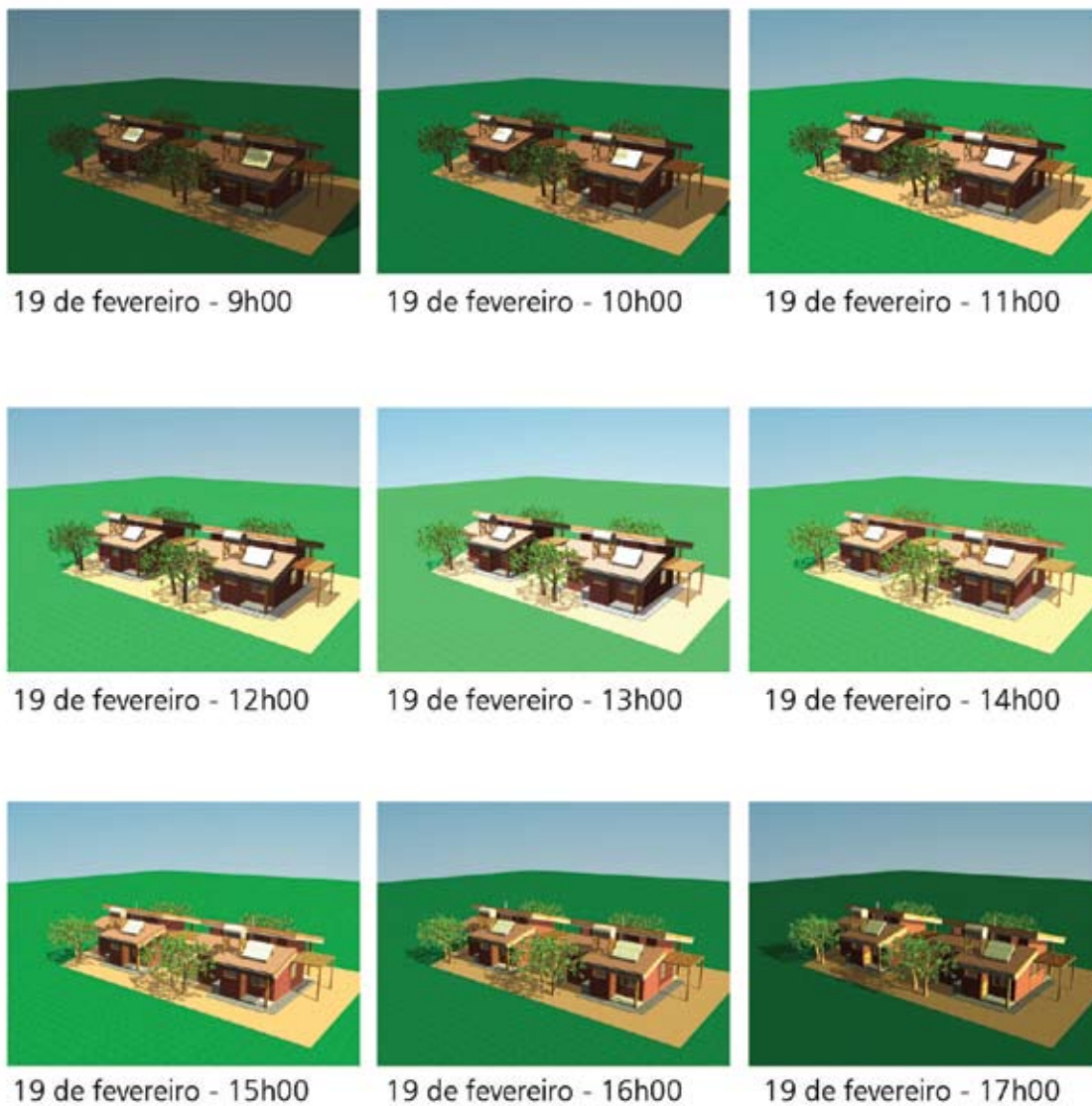


Figura 116 – Sombreamento simulado para a situação de verão



11 de julho - 9h00



11 de julho - 10h00



11 de julho - 11h00



11 de julho - 12h00



11 de julho - 13h00



11 de julho - 14h00



11 de julho - 15h00



11 de julho - 16h00



11 de julho - 17h00

Figura 117 – Sombreamento simulado para a situação de inverno

Para a simulação foram selecionados um dia típico de verão e um de inverno, sendo adotados os dias 19 de fevereiro e 11 de julho, respectivamente, que correspondem às datas de referência dos dias típicos de projeto para simulação de desempenho térmico, com o auxílio do programa THEDES (SATTLER, 1986).

Foram realizadas simulações para verificação do sombreamento de aberturas e fachadas da edificação, nessas duas datas, para diferentes horários, com o objetivo de verificar a eficiência dos elementos projetados para esse fim. As Figuras 116 e 117 mostram, parcialmente, esses estudos, correspondentes às datas referidas.

Entre as principais conclusões, na avaliação para a situação de verão, na data simulada, os autores apontavam que:

- a) no período de verão, entre 9h00 e 12h00, o reservatório associado ao coletor solar encobriria significativamente o coletor, sugerindo que este fosse realocado para a parte mais a oeste da cobertura;
- b) a abertura superior era sombreada pelo beiral do telhado; e
- c) a área de influência de sombra de uma edificação sobre a outra, para os afastamentos previstos no projeto, não apontavam prejuízo, tanto no período da manhã como no da tarde.

No que concerne à avaliação para a data de inverno, foram feitas as seguintes considerações:

- a) o coletor solar é menos encoberto que na situação de verão, mas fica parcialmente encoberto até as 11h00;

b) uma das aberturas do estar, localizada na fachada norte, quase não recebe insolação direta devido à profundidade da varanda e da vegetação prevista. O sol começa a penetrar, de forma modesta, no ambiente a partir das 15h00, mas já às 16h00 começa a ser obstruído pela vegetação projetada para o lote vizinho;

c) a abertura superior é sombreada pelo coletor solar e pelo reservatório; e

d) a partir das 15h00 há sombreamento da edificação a leste pela edificação vizinha. Neste caso seria desejável o desalinhamento entre elas.

Avaliação das condições de sombreamento das aberturas da Casa Verena

Com o auxílio do software SunTool, que gera coeficientes anuais e diários de sombreamento, foram avaliadas as condições de **sombreamento das aberturas** dos dormitórios e do estar para os mesmos dias típicos de projeto referidos no estudo anterior. Assim foram avaliados os coeficientes de sombreamento para as duas datas, em base horária, assim como os valores médios mensais, ao longo do ano.

Assinala-se que todas as janelas possuíam uma dimensão padrão de 1,20 m x 1,20 m, com o peitoril a 90 cm de altura e estavam localizadas na parte central de cada parede. De forma resumida, para cada ambiente, e nas estações de verão e inverno, as conclusões foram:

- a) quanto aos dormitórios (de orientação leste): a janela do dormitório mais a norte possui um coeficiente médio de sombreamento de 20,3%

no verão e de 2,2% no inverno. A janela do dormitório localizado a sul possui, no verão, um coeficiente médio de sombreamento equivalente a 15,8% e, no inverno, próximo a 0%. Segundo os autores, a diferença entre os dois dormitórios é devida à diferença de altura do beiral em uma e outra situação. Os autores também comentam que é vantajosa a incidência de luz direta, higiênica, porém sem ser intensa, e que, diante dos níveis de insolação identificados, não seria necessária a proteção solar para tais ambientes;

b) quanto ao estar, o coeficiente médio de sombreamento de sua janela é de 75,1% no verão, e de 48,4% para o dia típico de inverno. O coeficiente de sombreamento para o verão pressupõe a construção de um pergolado (conforme o projeto), para auxiliar na proteção dessa orientação e favorecer as condições de conforto interior da edificação.

Avaliação das condições de ventilação da Casa Verena

O estudo simulou as condições de **ventilação natural higiênica** e de **ventilação térmica**, considerando as necessidades humanas de ar fresco, o projeto da edificação, a ocupação prevista para os ambientes e as condições climáticas de Nova Hartz.

Realizadas as análises, quanto à ventilação higiênica, os autores concluíram que:

a) no que concerne à ventilação higiênica, os valores resultantes das simulações indicaram serem atendidas as necessidades nos diversos ambientes da edificação; e

b) no que concerne à ventilação térmica, as dimensões das aberturas dos diversos ambientes da edificação são suficientes para provocar uma ventilação adequada.

Quanto à expectativa de circulação de ar no interior da edificação, tais estudos foram realizados identificando-se as características dos ventos de verão (Figura 118) e de inverno (considerando, porém, que a cidade de Nova Hartz registre um regime de ventos semelhante ao ocorrente em Porto Alegre). As conclusões referentes a este item foram:

a) para a situação de verão, os espaços mais bem ventilados são os dormitórios, a circulação e parte do estar (Figura 119). O dormitório 2, mais a sul, é prejudicado por não apresentar uma ventilação efetiva junto às camas (uma das camas quase não recebe ventilação direta, e a outra concentra o fluxo de ar recebido na região dos pés); a varanda é prejudicada em virtude da saliência do banheiro. É sugerida a colocação de barreiras (físicas ou constituídas por vegetação) para direcionar o vento para a varanda e que a abertura no estar na fachada oeste seja desenhada com dimensões maiores que as dos dormitórios, para aumentar a velocidade do ar no interior da edificação;

b) para a situação de inverno, as aberturas deverão ficar fechadas o máximo possível, limitando-se à ventilação higiênica, por razões de conforto térmico. É sugerido o redesenho das esquadrias para estabelecer uma melhor ventilação higiênica e que as portas internas sejam venezianadas.

Ventos predominantes: direções e velocidades Situação verão

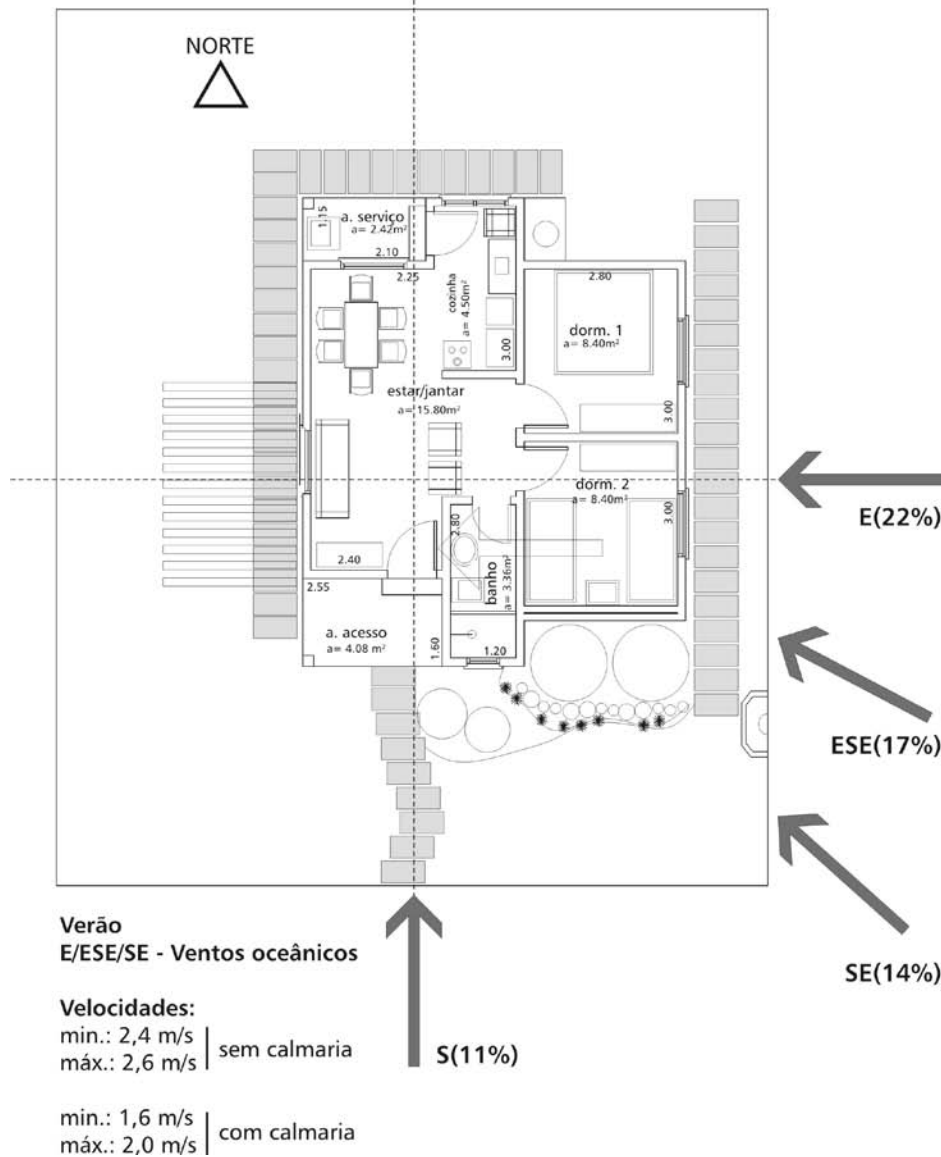


Figura 118 – Direções e velocidades de ventos incidentes na Casa Verena na situação de verão

Circulação do ar no interior Situação verão

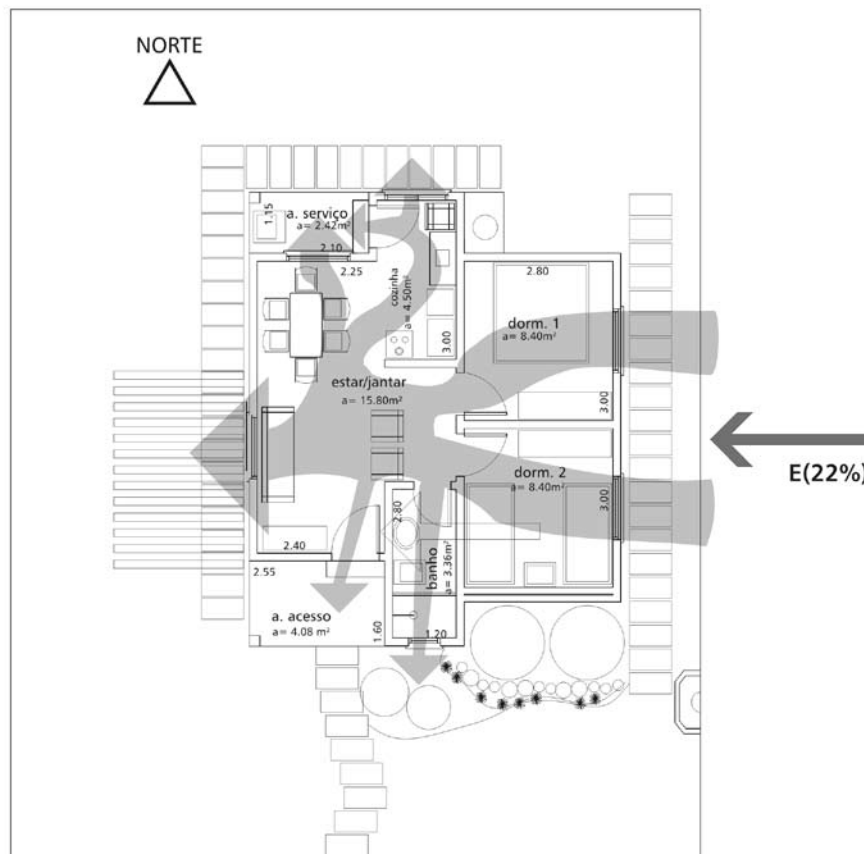


Figura 119 – Circulação de ar no interior da Casa Verena, ante os ventos de verão

Os autores ponderaram que a utilização tão-somente de algoritmos numéricos para a simulação de ventilação é insuficiente para uma avaliação adequada e que o desejável seria a realização de tais estudos em um túnel de vento. Apesar disso, as análises realizadas, que consideraram ventos de verão

predominantemente do quadrante leste, típicos para a região, demonstram que a maior dificuldade se encontra nas barreiras existentes neste quadrante, quando elementos construtivos e vegetação determinam obstrução aos ventos oriundos de tais direções. Adicionam que, dada a implantação adotada

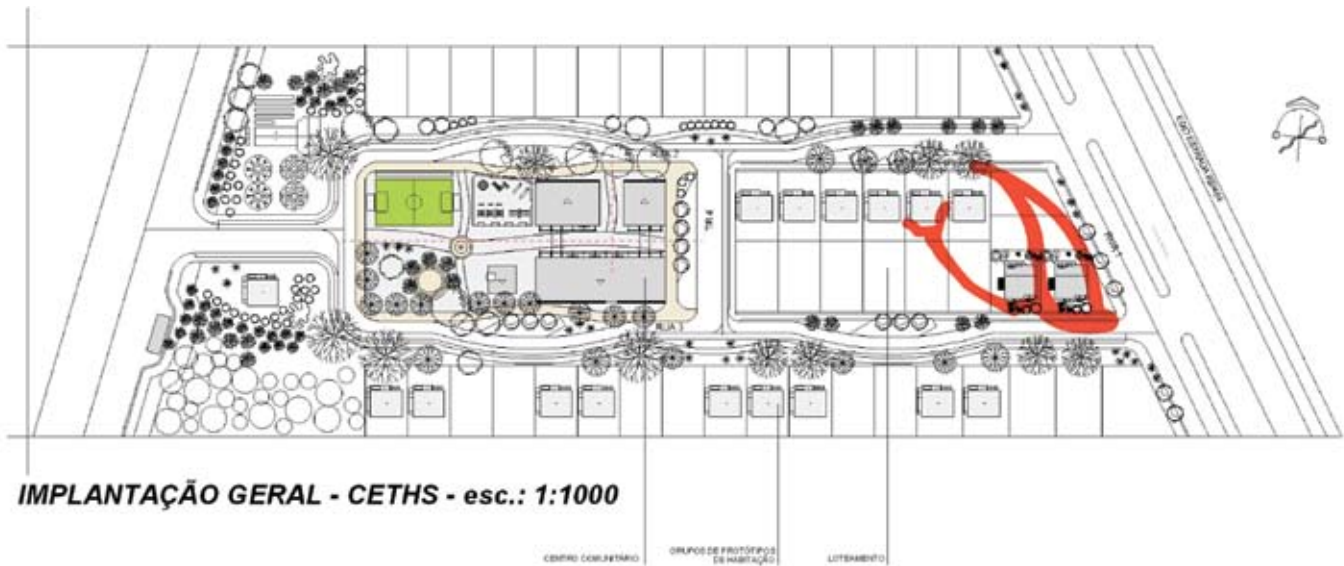


Figura 120 – Implantação das duas unidades do modelo Verena, diante da incidência de ventos de sudeste

para as edificações no CETHS, os ventos de leste não contribuem para uma efetiva ventilação das habitações, principalmente quando estas estão implantadas entre outras construções (ver Figura 120). Alternativas seriam a utilização de elementos defletores da circulação dos ventos ou o deslocamento das habitações no terreno, de forma a permitir que as fachadas de leste possam receber a sua incidência. Concluem os autores que, para alcançar um melhor desempenho, no que concerne à ventilação, haveria que se considerar o conjunto de habitações do CETHS, evitando, assim, que as boas propostas do protótipo sejam prejudicadas pelo entorno.

As Figuras 121 a 124 apresentam informações adicionais sobre o projeto da Casa Verena, com plantas, cortes e vistas de fachadas.

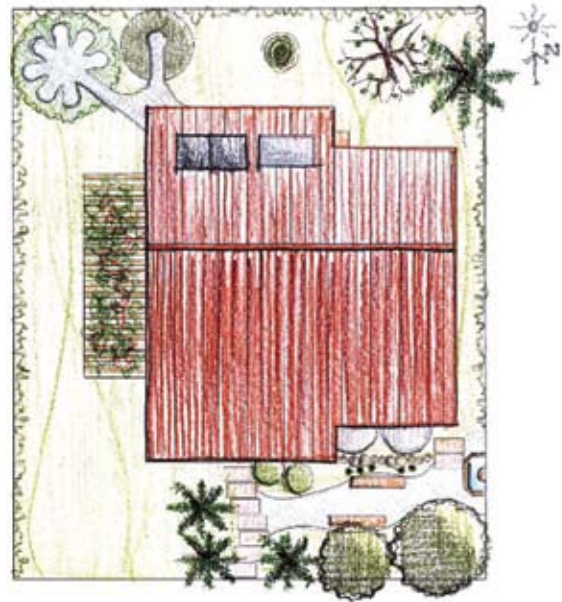


Figura 121 – Planta de cobertura

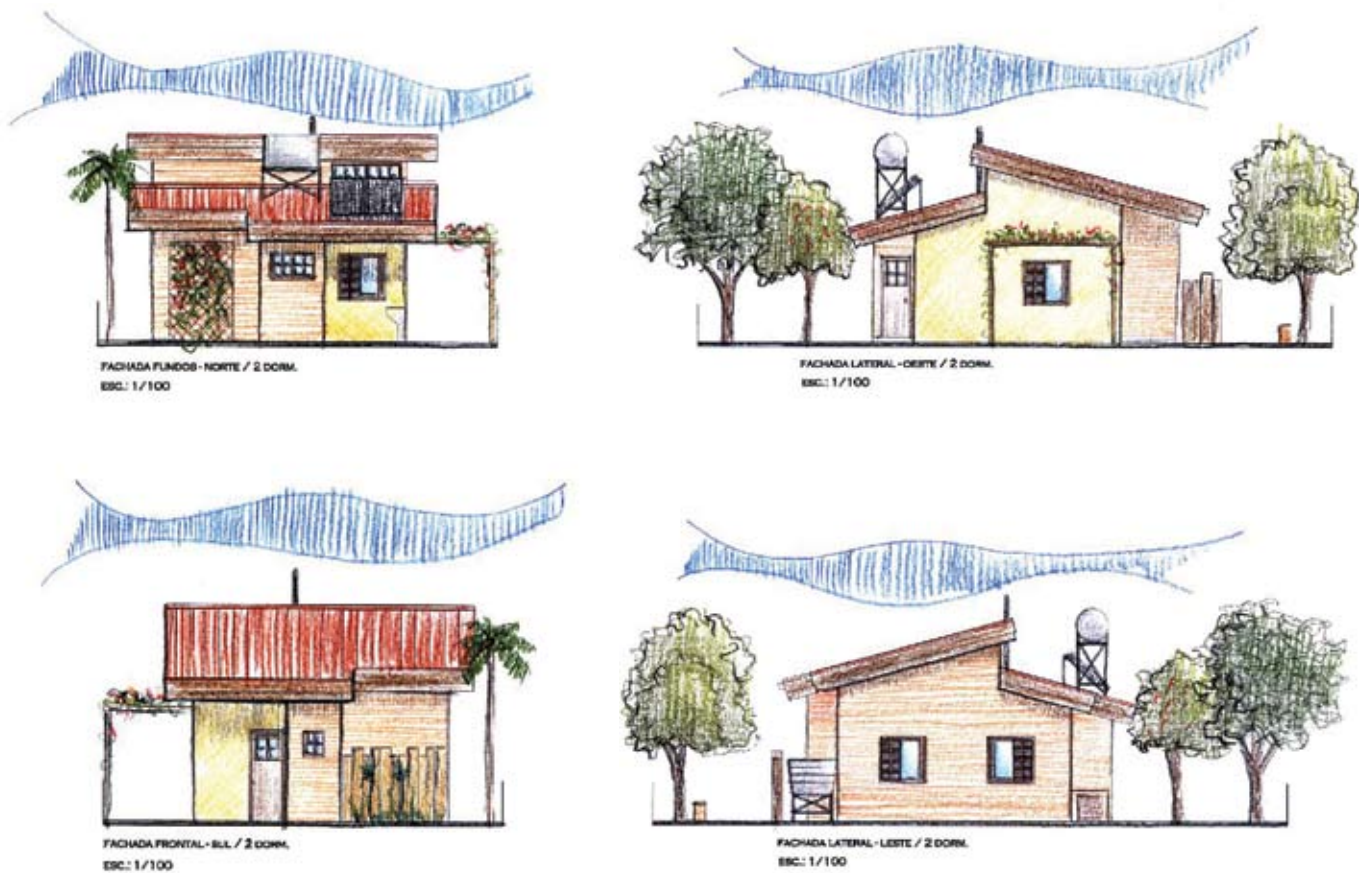
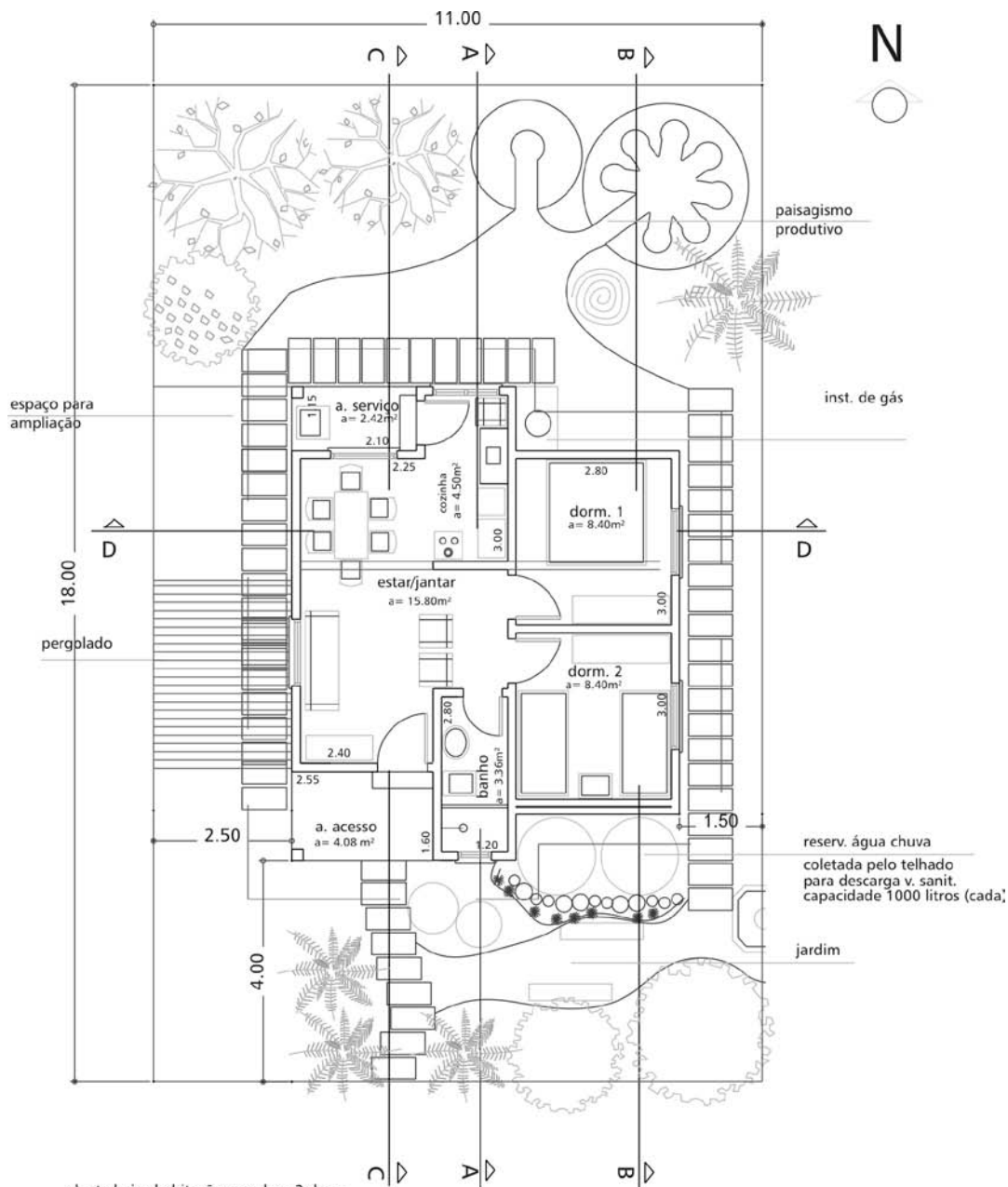
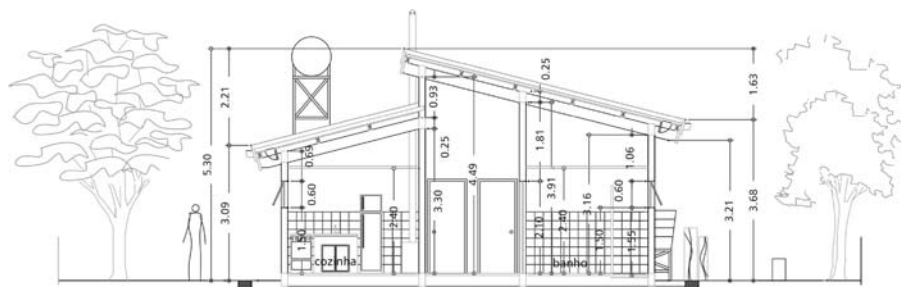


Figura 122 – Fachadas

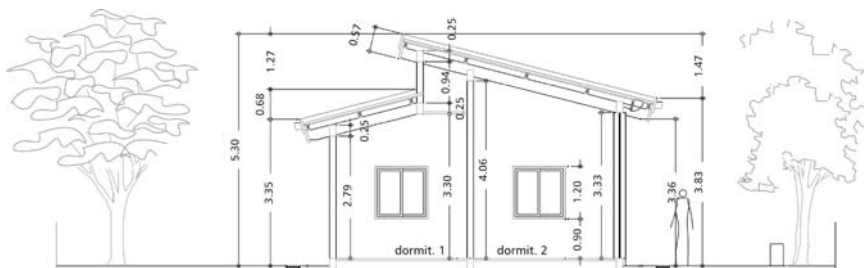


planta baixa habitação popular - 2 dorm.
A. interna = 40.46 m² (A. c/ a. serv. + a. entrada = 46,50 m²)
esc.: 1/100

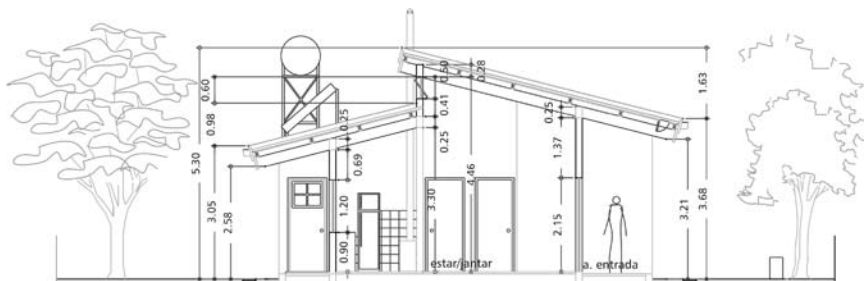
Figura 123 – Planta baixa e indicação de cortes



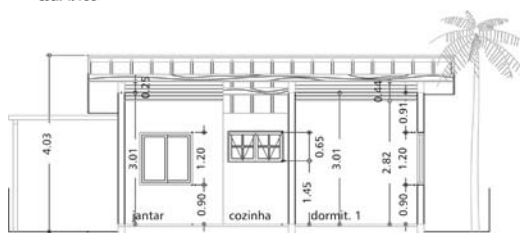
corte AA - 2 dorm.
esc.: 1/100



corte BB - 2 dorm.
esc.: 1/100



corte CC - 2 dorm.
esc.: 1/100



corte DD - 2 dorm.
esc.: 1/100

Figura 124 – Cortes diversos

7.3 A construção do CETHS

Foi já mencionado que na Gleba 2, local dos estudos iniciais de implantação, adjacente à Gleba 1, pretendia-se implantar uma nova área de demonstração. Esta estaria ligada a práticas agrícolas sustentáveis, para produção ecológica de alimentos para a comunidade do CETHS, assim como para a população de Nova Hartz (um sistema que poderia ser denominado *colha-e-pague*). Isso possibilitaria o desenvolvimento de práticas demonstrativas e de educação ambiental, criando, ainda, oportunidades de empregos. Por se constituir em uma área com características naturais de banhado, seria utilizada, complementarmente, para o polimento dos efluentes tratados em nível secundário, da comunidade em processo de implantação na Gleba 1, bem como para a preservação e incremento de elementos da flora e fauna locais. Em conjunto, as Glebas 1 e 2 constituiriam um todo composto de dois centros experimentais, com características complementares.

Conforme já referido, através do Convênio Nova Hartz, foram construídas, no período de agosto de 2001 a março de 2002, oito unidades habitacionais na Gleba 1. Seis dessas unidades foram construídas segundo o modelo do Protótipo Alvorada, e duas outras, a partir de uma adaptação da primeira, para adequá-la a uma nova orientação solar. No presente item são identificadas as atividades que foram desenvolvidas após a conclusão do projeto e se tecem comentários sobre as dificuldades e entraves para a implantação das propostas de projeto.

Considerações sobre o desenvolvimento do processo de implantação

A construção das oito unidades habitacionais se desenvolveu a partir de um processo licitatório para aquisição de materiais. Em agosto de 2001 foi realizada, pela Prefeitura Municipal, a contratação de mão-de-obra para a execução das casas.

A opção realizada pela prefeitura de Nova Hartz de contratação de mão-de-obra para a execução das habitações contrariou a proposta inicial do NORIE. A proposta preferencial seria a de desenvolver a construção das oito primeiras casas através de um processo de autoconstrução, envolvendo os futuros moradores, cuja sistemática contaria com a orientação do NORIE. Desse modo, almejava-se reduzir os custos de implantação das unidades, além de se atingirem as propostas, desejáveis em um processo sustentável, de inclusão dos moradores (pelo menos nessa fase do processo) e de capacitação dos futuros moradores na arte de construir, mais a possibilidade de capacitação em educação ambiental, o que naturalmente decorreria do processo.

A Prefeitura de Nova Hartz, ao se tornar participante e parceira no processo de implantação do CETHS, pronunciou-se, ao longo de todo o período anterior ao início da implantação das casas, como disposta a implantar a infra-estrutura de um centro demonstrativo. No entanto, a partir de determinado instante, durante o processo de construção das casas, ela deixou de se comprometer com a continuidade dos projetos. Entre os projetos em desenvolvimento estavam os projetos de infra-estrutura urbana, para

a Gleba 1, referentes a implantação, pavimentação, iluminação pública, rede de água, esgoto cloacal e esgoto pluvial. Com essa mudança de posicionamento por parte da municipalidade, a equipe de projeto foi desestimulada e não viu razão para a continuidade do processo de detalhamento final de cada um dos projetos acima, assim como dos procedimentos referentes à sua aprovação, na Fundação de Proteção ao Meio Ambiente do Estado e na Secretaria de Habitação do Estado, atividade esta que o NORIE já vinha desenvolvendo.

Embora não fosse responsável pela implantação do conjunto habitacional, a equipe do NORIE acompanhou, entre setembro e dezembro de 2001, quase que diariamente, a construção das unidades habitacionais que projetou. Todas as despesas de deslocamento da equipe foram cobertas com recursos do projeto CETHS (que também disponibilizou recursos para os bolsistas de mestrado e de graduação que acompanharam a obra), não representando qualquer ônus para a municipalidade de Nova Hartz. Uma ex-mestranda do NORIE, que havia participado do Projeto Alvorada, foi contratada pela municipalidade de Nova Hartz e desenvolveu a interlocução entre a municipalidade e o NORIE, na implantação da obra, tendo sido responsável, inclusive, pela parte técnica do processo de licitação de materiais para a construção das casas e da contratação da mão-de-obra.

Conforme mencionado, o projeto completo, da forma como foi concebido, não foi implementado por razões ainda hoje não bem esclarecidas, mas entre os resultados alcançados cabe destacar o projeto executivo e a construção de duas unidades prototí-

picas distintas, dentro de um contexto de assentamento habitacional, atendendo aos pressupostos de construções mais sustentáveis.



Figura 125 – Vista do conjunto de unidades habitacionais construídas em Nova Hartz, que mostra seis unidades construídas segundo o modelo da Casa Alvorada e uma unidade segundo o modelo da Casa Verena (à esquerda)

As repetidas visitas à obra permitiram a realização de um levantamento fotográfico, apresentado a seguir (Figuras 126 a 135), que compreende o período da notificação ao NORIE do início dos trabalhos no canteiro de obras até a conclusão da construção das oito casas.



Figura 126 – Registro dos estádios iniciais de marcação da obra e de execução das fundações, em 05/09/01



Figura 127 – Primeira unidade habitacional, em construção, em 08/10/01



Figura 128 – Imagens de implantação, em 18/10/01



Figura 129 – Imagens da implantação, em 05/11/01



Figura 130 – Imagens da implantação, em 14/11/01



Figura 131 – Imagens da implantação, em 21/11/01 (Casa Verena, à esquerda)



Figura 132 – Outras imagens da implantação, em 21/11/01



Figura 133 – Imagens da implantação (Casa Verena, linha central, à esquerda), em 29/11/01



Figura 134 – Imagens da implantação (Casa Verena, à direita), em 07/12/01



Figura 135 – Imagens da implantação, estágio final de conclusão (Casa Verena, imagens inferiores), em 02/03/02

7.4 Investigações das necessidades dos usuários na fase de projeto e avaliação pós-ocupação do CETHS

7.4.1 Introdução

A partir da definição, no primeiro semestre de 2000, sobre quem seriam os futuros moradores do CETHS, a equipe do NORIE começou, pela primeira vez, a interagir com as famílias que viriam a ali residir, buscando adequar o Centro às características específicas dessas famílias, principalmente no que concerne às novas tipologias de edificações.

Conforme já referido, dois grupos sociais distintos deveriam, inicialmente, fazer parte do Projeto CETHS: as famílias da Vila dos Trilhos e as famílias da Vila Tomate. Enquanto as famílias da Vila dos Trilhos iriam morar nas primeiras oito unidades habitacionais construídas, para as famílias da Vila Tomate estavam sendo planejadas novas possibilidades de moradia, tendo em vista o caráter emergencial de seu problema habitacional, já que estavam sendo despejadas da área em que, então, residiam. Para estas, previa-se a construção de novas unidades habitacionais, com padrões arquitetônicos distintos dos da Casa Alvorada, em cujo projeto e construção se propunha a efetiva participação dos futuros moradores. A ambas as comunidades, mas principalmente aos moradores da Vila Tomate, foram realizadas visitas, quando foram discutidas questões relativas às propostas do NORIE e às expectativas das comunidades. As Figuras 136 e 137 registram o primeiro contato do NORIE com as duas comunidades, ocasião que contou com a participação do prefeito e da secretária de planejamento do município de Nova Hartz.



Figura 136 – Reunião com moradores da Vila dos Trilhos

Em outubro de 2000, um questionário foi aplicado aos moradores da Vila dos Trilhos (BALDONI; CENTENO; FEDRIZZI, 2000) no sentido de buscar identificar os futuros moradores do primeiro conjunto de casas que seriam construídas no CETHS, assim como de caracterizar, de forma simplificada, as condições em que viviam. As principais características desse grupo foram assim identificadas:

- a) o número médio de ocupantes das moradias da Vila Trilho era de 5 pessoas. No levantamento foram encontradas casas ocupadas por apenas um morador, assim como uma família constituída por 10 pessoas;
- b) o número médio de peças das casas era de 5, com variação de 3 a 7 peças;
- c) em termos de ocupação dos ambientes das moradias, 55% dos entrevistados permaneciam mais tempo na sala, enquanto 33% ocupavam por mais tempo a cozinha, e 12%, outras peças;
- d) as casas eram consideradas desconfortáveis por 67% das pessoas entrevistadas;

- e) todos os entrevistados informaram possuir um bom relacionamento com seus vizinhos;
- f) o trabalho era desenvolvido fora de casa por 89% dos moradores entrevistados;
- g) algum tipo de plantio era realizado em 88% das moradias; e
- h) o ônibus era utilizado como meio de transporte por 88% dos moradores entrevistados.



Figura 137 – Reunião com moradores da Vila Tomate

Em conclusão, deve ser salientado que, no entender da equipe do NORIE, a conscientização desses futuros moradores do CETHS em relação às questões ambientais seria imprescindível para o sucesso do Projeto, já que os próprios moradores seriam os responsáveis diretos pelo gerenciamento e manutenção do conjunto habitacional, que representava uma nova proposta de vida. Dessa forma, estudos de acompanhamento social, tanto pela equipe do NORIE como por profissionais contratados pela Prefeitura de Nova Hartz, foram encaminhados para que o CETHS pudesse atingir o seu objetivo

maior, de minimizar os impactos aos ecossistemas terrestres e aquáticos, buscando simultaneamente o equilíbrio cultural, social, econômico e espacial.

No sentido de buscar avaliar a proposta de assentamento habitacional implementado em Nova Hartz, em termos de eficiência das estratégias adotadas na fase de projeto, assim como para orientar futuras construções, as casas projetadas para o CETHS foram submetidas a **avaliações pós-ocupação (APO)** nos anos 2003 e 2005, ou seja, um ano e três anos após a sua ocupação. Em 2005 a APO foi complementada por uma avaliação sobre a percepção dos usuários de **outras casas** construídas na área originalmente prevista para o CETHS com relação às edificações construídas segundo o modelo da Casa Alvorada. Os itens que se buscou avaliar nas APOs realizadas compreendiam: conforto ambiental; funcionalidade das edificações; e apropriação dos espaços das moradias e dos lotes pelos seus usuários. Assim, buscou-se tanto verificar o grau de satisfação dos usuários como identificar possíveis melhorias que pudessem vir a ser implementadas nas edificações, com base na percepção da população ali residente.

Para a avaliação realizada em 2003 (MORELLO et al., 2003), fez-se uso de questionários e entrevistas, que foram aplicados aos residentes das seis casas construídas segundo o modelo da Casa Alvorada (Figuras 138 e 139), as quais tinham sua fachada principal orientada para a direção norte. As casas haviam sido ocupadas em julho de 2002, portanto aproximadamente seis meses antes da realização da avaliação.

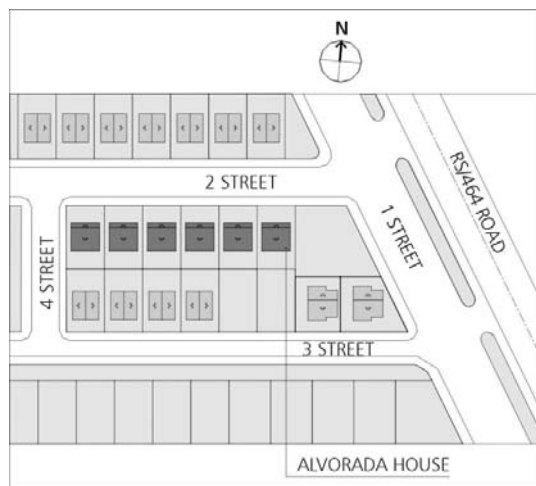


Figura 138 – Localização das casas avaliadas (destacadas, em coloração escura) no conjunto habitacional



Figura 139 – Vista geral das casas avaliadas na ocasião

210

7.4.2 Resultados da avaliação realizada em 2003

7.4.2.1 Avaliação do projeto

Os seguintes itens foram incluídos nas entrevistas realizadas com os moradores, buscando avaliar a sua percepção relativamente a questões projetuais:

- 1: tamanho da casa
- 2: satisfação com a casa
- 3: número de peças
- 4: satisfação cozinha
- 5: satisfação banho
- 6: espaço para trabalho profissional
- 7: espaço externo
- 8: avaliação da estética
- 9: modificações quanto à estética
- 10: mudanças efetivadas
- 11: mudanças desejadas
- 12: ambiente maior
- 13: ambiente menor
- 14: operação das janelas
- 15: facilidade de limpeza
- 16: iluminação artificial
- 17: facilidade de acesso a interruptores e tomadas
- 18: número de interruptores e tomadas elétricas

A Tabela 7 apresenta os resultados obtidos nas entrevistas.

Tabela 7 – Percepção e satisfação dos usuários com o projeto da casa

	CASA NÚMERO					
	1	2	3	4	5	6
1	sim	não	sim	não	sim	não
2	sim	sim	sim	sim	sim	não
3	sim	sim	sim	não	não	sim
4	sim	não	sim	não	não	não
5	não	não	sim	sim	sim	não
6	sim	não	não	não	não	não
7	sim	não	não	sim	sim	não
8	sim	sim	sim	sim	sim	sim
9	não	sim	não	não	não	não
10	não	sim	não	sim	não	sim
11	não	sim	sim	sim	sim	sim
12	Banho	Banho	Banho	Banho	Banho	Banho
13	Sala/cozinha	Sala/cozinha	Sala/cozinha	Sala/cozinha	Sala/cozinha	Sala/cozinha
14	sim	sim	sim	sim	sim	sim
15	sim	não	sim	sim	sim	sim
16	não	sim	sim	sim	sim	sim
17	sim	sim	sim	sim	sim	sim
18	sim	não	sim	sim	sim	não

Os dados obtidos permitiram verificar que, com relação às questões de projeto, a maioria dos usuários estava satisfeita com a sua casa. Entretanto, metade dos usuários considerava-a pequena, sugerindo a adição de mais um quarto. Os resultados analisados levam às seguintes constatações:

a) a cozinha foi o ambiente identificado com o

maior grau de insatisfação. A maioria dos usuários gostaria de ter a cozinha e o estar como espaços separados;

b) por outro lado, o oposto acontece com o banheiro: 50% dos entrevistados o consideraram maior que o necessário (havia sido projetado e construído para atender à acessibilidade universal);

c) a grande maioria acredita que a casa não esteja contemplada com um espaço apropriado para atividades profissionais domiciliares. Quando ocorrem, tais atividades são desenvolvidas no espaço estar/cozinha;

d) no que concerne a espaços abertos, metade dos respondentes considera que o espaço disponível é insuficiente para atender às suas necessidades;

e) todos os moradores consideram suas casas esteticamente agradáveis. Entretanto, um dos usuários gostaria de introduzir pequenas modificações estéticas, para tornar a sua casa ainda mais atrativa, tal como pintar as paredes e envernizar portas e janelas. Metade dos usuários já havia feito algum tipo de modificação em suas casas. Entre estas, duas extensões extras foram feitas: em uma das casas, um espaço para a cozinha foi construído no espaço sul da casa, e, em outra, foi construído um espaço de depósito/garagem. Entretanto, a maioria dos moradores gostaria de modificar a sua casa no futuro com, por exemplo, aplicação de piso cerâmico, ampliação da varanda, introdução de uma garagem, cercado no pátio, pintura das paredes e construção de uma cozinha na área posterior da casa;

f) as janelas foram consideradas de fácil manejo e limpeza. Apenas um morador reclamou das janelas altas, que foram consideradas difíceis de limpar;

g) o número e a locação das lâmpadas, interruptores e tomadas foram considerados satisfatórios; apenas um dos moradores reclamou do

reduzido número de lâmpadas, e dois outros consideraram insuficiente o número de interruptores e de tomadas da cozinha. É importante assinalar que dois moradores consideraram que o número de lâmpadas na cozinha era maior do que as suas reais necessidades; e

h) foi verificado que todos os moradores reclamaram, de um modo ou de outro, acerca de problemas construtivos na casa. Esses problemas estavam relacionados com o sistema construtivo utilizado (determinante de pequenas frestas e umidade nas paredes, azulejos soltos, etc.), assim como do pobre acabamento (em portas e janelas, pisos e paredes).

7.4.2.2 Avaliação do terreno

No sentido de avaliar a percepção dos moradores com relação ao terreno e à implantação da casa, os seguintes tópicos foram analisados:

- 1: tamanho do jardim frontal
- 2: conteúdo do pátio traseiro
- 3: conteúdo do pátio frontal
- 4: o que poderia haver nos pátios
- 5: atividades no pátio frontal
- 6: atividades no pátio traseiro
- 7: área de recreação no lote
- 8: tipo de plantas no pátio
- 9: características das plantas
- 10: proximidade entre as moradias

Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – A percepção e a satisfação dos usuários em relação ao terreno e à implementação das casas

	CASA NÚMERO					
	1	2	3	4	5	6
1	média	média	pequena	média	média	pequena
2	sim	sim	sim	sim	sim	sim
3	sim	sim	sim	sim	sim	sim
4	sim	sim	sim	não	sim	sim
5	não	não	não	sim	não	sim
6	sim	sim	sim	não	não	sim
7	não	não	Área de fundos	Garagem	Área de fundos/ Garagem	Garagem/ Área lateral
8	sim	sim	sim	não	sim	sim
9	frutas, chás, ervas	alimentos	alimentos	vegetais, frutas, chás, ervas	sombra	sombra, frutas, chás, ervas
10	sim	não	não	não	sim	sim

Todos os moradores possuem origem rural, o que explica algumas das avaliações apresentadas aqui, tais como “a casa tem um tipo de casa de cidade”. A análise dos resultados conduz às seguintes constatações:

- a) a maioria dos moradores considera que os pátios das casas possuem um tamanho médio. Entretanto, dois consideraram os pátios pequenos para as suas necessidades;
- b) na área de fundos, metade dos moradores pendura roupas para secar, possui casa para o cachorro, horta ou árvores frutíferas. Um dos moradores construiu uma garagem/depósito.

Alguns dos entrevistados não desenvolvem qualquer atividade no pátio de fundos. Outros recebem amigos, tomam chimarrão ou fazem refeições;

- c) na área frontal os moradores cultivam temperos, ervas e árvores frutíferas. Apenas dois habitantes a usam como uma área de brincar para as crianças e para jardinagem. Tais espaços são os espaços favoritos das crianças; e
- d) a ocupação dos respondentes varia de modo amplo (biscateiro, pedreiro, sapateiro, dona-de-casa), e dois não possuem um emprego estável.

7.4.2.3 Conforto térmico

Em relação à percepção e à satisfação dos residentes com questões térmicas, os seguintes quesitos foram investigados:

- 1: ambiente mais quente durante o dia de verão
- 2: ambiente mais quente durante a noite de verão
- 3: ambiente mais frio durante o dia de inverno
- 4: ambiente mais frio durante a noite de inverno
- 5: local preferido em dias muito quentes
- 6: atitudes tomadas em dias muito quentes
- 7: atitudes tomadas em dias muito frios
- 8: percepção sobre o desempenho térmico da casa em relação à temperatura média externa no verão
- 9: percepção sobre o desempenho térmico da casa em relação à temperatura média externa

no inverno

- 10: presença de infiltrações de ar no interior da casa (no inverno ou no verão)
- 11: locais onde as infiltrações foram constatadas
- 12: presença de umidade excessiva dentro da casa
- 13: locais onde a umidade excessiva foi identificada (mofo)
- 14: período do ano quando foi identificada umidade excessiva (verão ou inverno)
- 15: condensação identificada em superfícies internas
- 16: locais onde a condensação foi identificada

214 As respostas dos entrevistados são apresentadas na Tabela 9.

A análise das respostas dos entrevistados permite concluir que:

- a) os entrevistados apontaram os dormitórios (D1 e D2) como sendo os locais mais quentes da casa, tanto durante o dia como à noite. No dormitório 2, onde a luz e a ventilação vêm do leste, ocorrem muitos ganhos de calor durante o verão, principalmente de manhã, quando as casas vizinhas ainda

não estão sombreando a parede leste. Dada a posição relativa das janelas, das portas e dos quartos, existe pouca chance de ventilação cruzada quando a porta do dormitório está fechada;

- b) o estar/cozinha é o ambiente onde a ventilação melhor se manifesta, de acordo com os entrevistados. Esse fato pode ser associado ao posicionamento relativo das janelas e portas (P1, P3, J2 e J3), que proporcionam uma boa ventilação cruzada;

Tabela 9 – A percepção e a satisfação dos usuários com relação ao desempenho térmico das casas

	CASA NÚMERO					
	1	2	3	4	5	6
1	D1	D2	Toda a casa	D1 D2	D2	D1 D2
2	D1	D1	D2	D1 D2	D2	D1 D2
3	Sala/cozinha	Sala/cozinha	*	**	*	***
4	Sala/cozinha	Sala/cozinha	*	**	*	***
5	Pátio traseiro	Pátio traseiro	Pátio traseiro	Pátio traseiro	Sala/cozinha	Pátio traseiro
6	Vai ao pátio	Liga ventilador	Liga ventilador	Liga ventilador	Abre as janelas	Liga ventilador
7	Fecha a casa	Fecha a casa	Fecha a casa	**	Fecha a casa	Liga o aquecedor elétrico
8	Muito mais quente	Muito menos quente	O mesmo	Mais quente	Muito menos quente	Menos quente
9	Menos frio	Menos frio	Muito menos frio	**	Muito menos frio	***
10	sim	sim	não	não	sim	sim
11	P1 P3	P1 P3			P1	P3 J3
12	não	não	não	não	P3	sim
13					não	D2
14						Todo o ano
15	sim	não	sim	não		***
16	PPT		PPT		não	

* O entrevistado não fez referência a nenhum ambiente da casa ou não percebeu diferenças entre os ambientes.

** O entrevistado informou que, por estar vivendo na casa apenas há seis meses, não poderia responder à pergunta.

*** O entrevistado disse não saber como responder à pergunta.

Legenda: D1 = dormitório 1; D2 = dormitório 2; P1 = porta 1; P3 = porta 3; J3 = janela 3; PPT = parede voltada ao pátio traseiro.

c) a maioria dos residentes prefere permanecer fora de casa durante os dias quentes, na área aberta localizada no lado sul da edificação (AF). Isso revela que o desempenho térmico da edificação

não é satisfatório em dias quentes de verão. Quando permanecem no interior da casa e dispoem de recursos para tal, os moradores usam ventiladores (durante a noite, por exemplo);

d) em relação à percepção de desconforto por calor no interior da casa, quando comparado às condições exteriores, quatro dos seis respondentes declararam que as suas casas eram menos quentes ou tão quentes quanto o exterior. Destes quatro respondentes, três ligam o ventilador, o que os faz suportar as condições de desconforto por calor no verão. Dois outros entrevistados declararam que as suas casas são mais quentes do que o exterior. Apenas um desses usa ventilador em tal situação;

e) com relação à presença de correntes frias no interior da casa, quatro dos seis entrevistados identificaram a sua presença, que ocorre principalmente através das portas externas (P1 e P3). Essas portas, no verão, garantem uma boa ventilação do estar/cozinha (S/C). A falta de ventilação pode explicar a formação de mofo encontrado no dormitório leste (D2). Entretanto, dos seis entrevistados, apenas um apontou a existência de umidade excessiva no dormitório leste. Essa umidade pode estar associada a problemas de infiltração de água de chuva na parede sul da casa;

f) dos seis entrevistados, dois apontaram a existência de condensação no dormitório leste (D2), indicando a baixa ventilação nesse quarto;

g) dois entre cinco entrevistados consideraram o estar/cozinha (S/C) como o ambiente mais frio no inverno. Três entrevistados não indicaram nenhum ambiente como sendo o mais frio no inverno. Há que se considerar que qua-

tro entre cinco respondentes já passaram um inverno na casa. A presença de pequenas frestas nas janelas e portas (devido a falhas construtivas) determina a infiltração de ar e causa perdas de calor no inverno, mesmo quando as janelas e portas estão fechadas. Ao mesmo tempo, como na região o verão é mais difícil de suportar que o inverno, o conforto térmico também é mais difícil de ser obtido no verão. No inverno, o simples ato de manter as janelas fechadas parece atender às necessidades de conforto térmico dos residentes. Essa percepção também poderia ser atribuída à orientação norte das janelas. Apenas um dos entrevistados declarou usar aquecedor elétrico no inverno, mas esse fato também pode estar associado à falta de condições econômicas da maioria dos residentes do CETHS;

h) conforme apontado pelos entrevistados, pode ser concluído que a casa apresenta condições menos favoráveis no verão que no inverno. O paisagismo no conjunto habitacional é praticamente ausente (o assentamento, em geral, possui pouca vegetação). Isso determina menor sombreamento das áreas externas, com conseqüente atenuação da temperatura do ar, o que poderia contribuir para a redução das temperaturas internas.

7.4.2.4 Conforto lumínico

Os residentes consideraram satisfeitas as suas necessidades de conforto lumínico/visual quando capazes de desenvolver as suas atividades diárias, que

requeiram boa visibilidade, sem reclamações. Assim, a casa foi considerada com conforto visual (natural) quando o usuário não tivesse necessidade de ligar as lâmpadas para o desenvolvimento de tais atividades durante o período do dia (apenas necessitando abrir as venezianas das janelas).

Para a avaliação do desempenho lumínico, os seguintes tópicos foram considerados nas entrevistas:

- 1: necessidade de ligar as lâmpadas durante o dia (indicar o ambiente) no verão (mesmo que a janela esteja aberta)
- 2: necessidade de ligar as lâmpadas durante o dia no inverno
- 3: uso de cortinas ou de outros dispositivos de sombreamento para evitar a entrada de excesso de luz nos ambientes
- 4: ambiente mais iluminado no verão
- 5: ambiente mais iluminado no inverno
- 6: ambiente menos iluminado no verão
- 7: ambiente menos iluminado no inverno
- 8: local onde o entrevistado desempenha tarefas que requeiram um nível mais elevado de iluminação
- 9: tipo de atividade que requer um nível mais elevado de iluminação
- 10: ambiente onde as crianças costumam realizar as tarefas escolares

A Tabela 10 apresenta os resultados relativos a conforto visual.

A análise das respostas dos entrevistados permite concluir que:

a) como pode ser verificado na Tabela 10, os entrevistados declararam que não é necessário ligar as lâmpadas durante o dia no verão quando as janelas estão abertas. Apenas um dos residentes não respondeu à questão;

b) todos os usuários apontaram a sala/cozinha como o ambiente mais claro, tanto no inverno quanto no verão. Quatro dentre seis residentes também apontaram o quarto de frente (D1) como o mais iluminado dos ambientes em ambas as estações. Por outro lado, o dormitório de fundos (D2) foi apontado, pela maioria dos residentes, como o mais escuro. Entretanto, apenas um dos entrevistados declarou ligar as lâmpadas neste dormitório para melhorar a visibilidade, mesmo no inverno;

c) os usuários apontaram as seguintes atividades como as que requeriam maior nível de iluminação: costurar, ler, escrever e bordar. Todos declararam desempenhar tais tarefas na sala/cozinha. Entretanto, não é possível concluir que tais atividades sejam desenvolvidas neste ambiente apenas por ser o mais claro da casa. Deve ser observado que, usualmente, é neste ambiente que eles possuem mobiliário (mesas, máquinas de costura, etc.) para o desempenho das atividades mencionadas;

Tabela 10 – Percepção dos entrevistados no que concerne a desempenho lumínico/visual

	CASA NÚMERO					
	1	2	3	4	5	6
1	não	não	não	não	não	**
2	não	não	não	*	BR2	**
3	não	não	não	não	não	S/C
4	S/C D1	S/C	S/C D1	S/C	S/C D1	S/C D1
5	S/C D1	S/C	S/C D1	*	S/C	S/C D1
6	D2	D2	D2	D2	D2	D2
7	D2	D2	D2	*	**	*
8	S/C	S/C	S/C	S/C	S/C	S/C
9	contabilidade, leitura	leitura	costura, sapataria	costura	costura	*
10	não	não	D1	D2	D2	S/C

* O entrevistado se mudou para a casa há seis meses. Declarou que, em função disso, não tinha como responder à questão.

** O entrevistado não respondeu à questão.

Legenda: D1 = dormitório 1; D2 = dormitório 2; S/C = sala/cozinha.

d) apenas um dos entrevistados afirmou ter pendurado uma cortina na janela orientada para oeste (da sala/cozinha), para evitar a incidência de radiação direta. Coincidentemente, isso aconteceu na última casa do conjunto (casa número 6), cuja janela não é sombreada pela casa adjacente (veja implantação na Figura 138); e

e) o local onde as crianças desenvolvem suas atividades escolares é considerado de pouca

significância, já que foi escolhido por outras razões que sua claridade.

Em geral, os aspectos de conforto visual relacionados à iluminação natural foram alcançados, de acordo com a opinião dos moradores. Entretanto, é necessário destacar que, em comunidades de baixa renda, a exigência dos moradores com relação à iluminação natural pode ser inferior ao recomendado pelas normas e literatura no tema.

7.4.2.5 Conforto acústico

Algumas fontes potenciais de ruído orientaram a formulação de questões para avaliar o conforto acústico dos residentes, tanto internas como externas. Os entrevistados foram questionados sobre tópicos como o ruído produzido pelo tráfego de veículos na estrada próxima, o ruído produzido pela vizinhança e também sobre o ruído gerado no interior das residências e sua interferência nas atividades diárias. As seguintes opções foram incluídas nos questionários para avaliar o conforto acústico:

1: desconfortável devido ao ruído de tráfego (estrada próxima)

2: desconfortável devido ao ruído causado pela vizinhança

3: desconfortável devido ao ruído de tráfego na rua local (rua do conjunto habitacional) durante a noite

4: desconfortável devido ao ruído interno

A Tabela 11 mostra os resultados obtidos relativos ao conforto acústico dos usuários.

A análise das respostas dos entrevistados permite concluir que:

a) todos os entrevistados afirmaram que o ruído dos carros, vindo da estrada, não causa qualquer inconveniência;

b) entretanto, metade dos entrevistados declarou que eles são perturbados pelo ruído dos vizinhos durante o dia (devido à música de equipamentos de som);

c) quatro de seis entrevistados reclamaram do ruído causado pela aceleração deliberada de veículos na rua local durante o período noturno; e

d) cinco entre seis residentes reclamaram que o ruído produzido na sala/cozinha (música de rádio ou de equipamentos de som, televisão ou conversa) não interfere em suas atividades, quando estão em seus dormitórios com as portas fechadas.

Tabela 11 – Percepção dos usuários quanto a conforto acústico

	CASA NÚMERO					
	1	2	3	4	5	6
1	não	não	não	não	não	não
2	não	sim	não	sim	não	sim
3	sim	sim	não	sim	não	sim
4	não	não	não	não	não	sim

Pode ser concluído que a casa apresenta condições razoáveis de desempenho acústico. Existem poucas situações em que o ruído interfere nas atividades diárias usuais dos entrevistados. Foi observado que o sexto entrevistado foi o que mais reclamou com relação a desconforto acústico. O desconforto por ruído também pode ser atribuído às frestas em portas e janelas das esquadrias, e da construção, em geral.

7.4.2.6 Conclusões

Os resultados obtidos em relação aos aspectos de projeto da edificação e sua implantação permitem propor os seguintes aprimoramentos:

- a) estar/cozinha em ambientes separados (os usuários consideraram as áreas existentes como sendo demasiado pequenas no projeto implementado);
- b) redução da área do banho (considerada muito ampla pelos moradores em relação à área total da casa);
- c) ampliação das áreas do terreno, para permitir o plantio;
- d) revestimento e pintura das paredes com tintas laváveis, para facilidade de limpeza (isso estava presente no projeto, mas não foi executado);
- e) varanda maior, para permitir o seu uso como uma área de descanso para toda a família;
- f) acesso às janelas elevadas, para permitir a sua limpeza e operação;
- g) aumento da ventilação nos dormitórios;

h) elementos de sombreamento nas fachadas leste e oeste, tais como pérgulas, com plantas decíduas (também presentes no projeto, mas não executados);

i) uso de bandeiras de ventilação nas portas externas e internas, para permitir uma ventilação permanente de verão, mesmo quando as portas estiverem fechadas;

j) ventilação de forro, para melhor desempenho térmico do telhado (presente no projeto, mas não executada); e

k) revestimento das paredes do dormitório voltado para leste (D2), apontado como o ambiente mais escuro da casa, para aumentar os níveis de iluminação.

Em geral, os habitantes do conjunto habitacional estão contentes com as suas moradias. Os resultados obtidos no levantamento apontaram a importância da participação de futuros usuários na etapa de projeto das moradias. O projeto das casas foi desenvolvido antes da definição de seus futuros usuários, fato que não permitiu a consideração das necessidades dos usuários nessa fase. A maioria dos moradores apontou que a maior parte dos problemas é devida à má execução das casas. Isso resultou em uma diminuição da satisfação dos usuários com suas moradias, não só com relação ao conforto térmico, mas também com a qualidade da casa em geral. Entretanto, o baixo padrão das casas previamente ocupadas pelos moradores (casas de madeira de baixa qualidade) pareceu contribuir para uma percepção positiva da nova casa, no que concerne à sua estética, fato que

foi corroborado, nas entrevistas, através da resposta de achá-la “bonita”.

7.4.3 Resultados da avaliação realizada em 2005

Este estudo teve por objetivo reavaliar o grau de satisfação de moradores das habitações construídas segundo os modelos desenvolvidos para o CETHS (Casa Alvorada e Casa Verena) e comparar a satisfação destes moradores com a de moradores da vizinhança desse conjunto, que construíram suas próprias casas, a partir da remontagem de suas casas originais, anteriormente localizadas na Vila Tomate, ou que construíram novas casas, construídas em alvenaria e/ou madeira.

7.4.3.1 Avaliação das edificações construídas segundo o projeto do NORIE

Um novo estudo de APO (SANTOS et al., 2006) foi realizado em julho de 2005, em que foram aplicados questionários e entrevistas às mesmas famílias que haviam sido objeto de investigação em 2003. Entre os objetivos desse novo estudo, buscou-se comparar como, após três anos de ocupação, a opinião dos residentes se relacionava com aquela do estudo prévio. Outros aspectos de interesse do estudo estavam relacionados à durabilidade dos materiais e à qualidade das soluções técnicas adotadas.

Neste estudo foram incluídas duas moradias adicionais, construídas segundo o modelo Casa Verena, não avaliadas no estudo anterior. Esse modelo de casa, diferentemente das seis anteriores, possui a sua fachada principal orientada para sul, e uma área de 46,5 m², diferentemente das demais, com 48,5 m² de área.

Comparando essa nova APO com a anterior, pode-se observar que, basicamente, a apreciação com relação a aspectos positivos e negativos das casas ocupadas era equivalente. Destacam-se, a seguir, as principais conclusões dessa segunda avaliação, realizada mediante a aplicação de questionários e entrevistas.

7.4.3.2 Avaliação do projeto

Foi observado que a maioria dos moradores permanecia satisfeita com sua moradia. Perguntados sobre o tamanho das casa, 70% dos usuários consideraram-na pequena (o que é explicável, já que 60% das famílias são constituídas por cinco ou mais pessoas). Assim, também, 40% dos usuários consideraram que o número de dormitórios era insuficiente, sugerindo a adição ao projeto de mais um quarto ou a ampliação do quarto das crianças.

Verificou-se que os únicos moradores totalmente satisfeitos com o tamanho de sua casa foram um casal sem filhos, ocupando uma das casas construídas segundo o modelo Casa Verena. Essa casa tem a particularidade de possuir um estar e uma cozinha maior que as construídas de acordo com o modelo Casa Alvorada. Esses moradores foram, também, os únicos que consideram possível desenvolver atividades profissionais em casa, provavelmente por possuírem um dormitório desocupado.

Todos os moradores ainda consideravam as suas moradias esteticamente bonitas, e a única melhoria identificada seria o desejo de ampliá-las.

Entre as sete famílias entrevistadas (cinco usuárias do modelo Casa Alvorada e duas do modelo Casa

Verena), cinco já haviam feito algum tipo de modificação em suas casas, e todas gostariam de realizar algum tipo de renovação. As modificações até então realizadas incluíam a construção de um depósito/garagem e a aplicação de pisos cerâmicos, já que as casas originalmente eram dotadas de piso de cimento alisado. Metade dos entrevistados considerou tais modificações desejáveis, assim como a construção de um novo dormitório e de uma nova cozinha, separada do estar. Poucos usuários desejariam fechar a área de serviço, não se mostrando preocupados com eventuais roubos.

As janelas foram consideradas de boa qualidade, embora 45% dos usuários tenham mencionado problemas com os metais, que tornavam difícil a sua manipulação e apresentavam uma vida útil reduzida. Houve reclamações com relação às janelas elevadas, consideradas de difícil acesso por um dos entrevistados.

Todos os usuários consideraram satisfatórios o número e a localização das lâmpadas, interruptores e tomadas, mas reclamaram da dificuldade de trocar lâmpadas na sala/cozinha, devido à altura do forro. Reclamaram também do sistema elétrico, que, por ser aparente, foi considerado inseguro em famílias com crianças.

Houve reclamação generalizada quanto a problemas relacionados à construção (frestas, umidade nas paredes, azulejos soltos, etc.), assim como em relação ao acabamento simples (em portas e janelas, pisos e paredes).

7.4.3.3 Avaliação do lote

A origem dos habitantes foi determinante na apreciação do tamanho do lote. Mais de 50% dos entrevistados o avaliaram suficiente, considerando a sua localização em uma área urbana. Aqueles que consideraram o lote grande (28%) são oriundos de áreas urbanas, e mesmo aqueles oriundos de áreas rurais não possuíam espaço suficiente para cultivo em suas moradias anteriores.

Todos os habitantes consideraram que a distância entre as moradias era suficiente, não prejudicando a privacidade dos residentes.

A maioria dos moradores (57%) usava o pátio (frontal ou de fundos) para atividades de lazer. Um dos entrevistados construiu uma garagem e uma churrasqueira. Dos moradores, 43% não desenvolviam qualquer atividade nos espaços abertos, constituindo estes, no entanto, os espaços preferidos pelas crianças para suas brincadeiras.

Mais de 50% dos habitantes cultivavam temperos, ervas e árvores. Quando perguntados sobre o que mais gostariam de cultivar na horta, todos mencionaram chás, ervas e frutas, e a maioria mencionou flores e árvores “daquelas que oferecem sombra e frutos”.

7.4.3.4 Avaliação de conforto térmico

Os entrevistados apontaram vários espaços como sendo os mais quentes na casa, tanto durante o dia como à noite. Comparando com a primeira APO, quando os espaços avaliados como mais quentes eram os dormitórios, é possível que algo

tenha ocorrido na percepção ou tolerância ao calor dos moradores.

A maioria dos residentes, em ambas as avaliações, preferia permanecer fora de casa em dias quentes. Isso revela que o desempenho térmico da edificação não é satisfatório em dias quentes de verão. Além disso, algumas vezes os residentes recorrem ao uso de ventiladores. Neste estudo foi detectado que os moradores abrem as janelas para melhorar o conforto térmico da casa.

No inverno, similarmente ao que foi observado na primeira avaliação, o simples ato de manter as janelas fechadas ajuda a atender às necessidades de conforto dos residentes.

Com relação à temperatura interna, relativamente à externa, durante o verão, seis residentes consideraram as suas moradias menos quentes que o exterior. Destes seis, cinco ligam o ventilador. Somente um dos moradores declarou que a sua casa era tão quente quanto o exterior.

Quatro entrevistados apontaram a existência de muita umidade na casa. Os principais pontos identificados foram o banho, o dormitório voltado para leste e o telhado. Um residente identificou pontos de umidade distribuídos por todo o interior de sua casa.

Com relação à presença de frestas nas janelas, dois usuários as identificaram nas salas de estar/cozinha. A condensação foi identificada por um morador como ocorrendo nas paredes do estar/cozinha, e por outro, no telhado.

O estar/cozinha foi considerado a peça mais

fria no inverno. Como identificado na primeira APO, a presença de pequenas frestas nas janelas e portas ocasiona infiltração de ar e perdas de calor, no inverno, mesmo quando as janelas e portas estejam fechadas.

As casas apresentam condições favoráveis no inverno, com os moradores tendo que fechar as aberturas, mas alcançando condições razoáveis de habitabilidade. Entende-se que a orientação favorável das casas dê uma contribuição substancial nesse sentido.

Em ambas as APOs foi verificado que as casas são consideradas mais confortáveis no inverno do que no verão, sendo possível que pequenas mudanças nos jardins, com a introdução de vegetação, já tenham contribuído para torná-las mais confortáveis.

7.4.3.5 Avaliação de conforto lumínico

Os residentes consideraram a iluminação natural adequada para o desenvolvimento das tarefas diárias requerentes de bons níveis de iluminamento. As casas foram consideradas com conforto visual, não havendo necessidade de acender as lâmpadas para o desenvolvimento de tais tarefas, mas apenas abrir as venezianas. Comparativamente à primeira avaliação, os resultados obtidos nesta possibilitam afirmar que os resultados não se modificaram:

- a) apenas um morador respondeu ser necessário ligar a luz no quarto voltado para leste (D2);
- b) contrastando com o estudo anterior, apenas dois entrevistados afirmaram não ser necessário ligar as lâmpadas durante o dia de inverno;

c) cortinas ou outros dispositivos de sombreamento, quando necessários, são requeridos apenas nos dormitórios;

d) três dos entrevistados informaram que uma cortina foi necessária no estar/cozinha (S/C). Todos os entrevistados apontaram este ambiente como o mais claro, tanto no inverno como no verão. Por essa razão é elevado o índice de respostas preferindo este ambiente para o desenvolvimento de tarefas que requerem altos níveis de iluminação (costura de calçados e roupas, leitura e preparo dos alimentos); e

e) o ambiente percebido como o mais escuro, na maioria das entrevistas, continuou a ser o dormitório voltado para leste (D2), tanto no verão como no inverno. Interpreta-se que isso ocorra, em parte, devido ao sombreamento pela casa vizinha.

7.4.3.6 Avaliação de conforto acústico

De acordo com as respostas dos entrevistados, apenas um se mostrou incomodado pelo ruído de tráfego local. Também apenas um se disse desconfortável por ruídos provocados pela vizinhança. Tais resultados mostram uma mudança substancial em relação aos resultados do estudo anterior, em que metade dos entrevistados se declarou incomodada pelos ruídos da vizinhança. Uma possível explicação seria a de que a vida comunitária e o respeito mútuo tenham contribuído para a maior tolerância.

No que concerne a ruídos oriundos da rua local, três entrevistados reclamaram sobre o ruído

de veículos, uma pequena diferença em relação aos quatro reclamantes, no total de seis questionados no estudo anterior, sobre esse tipo de ruído.

Seis dos sete entrevistados informaram não ser incomodados pelos ruídos causados no interior da edificação (rádio, televisão, conversas), o que é similar ao que foi identificado no estudo anterior.

7.4.3.7 Conclusões sobre a avaliação

Através desta segunda avaliação, foi possível concluir que, em grande parte, os resultados obtidos foram semelhantes aos obtidos no primeiro estudo, de 2003. Embora permaneçam as mesmas críticas dos usuários com relação ao projeto da edificação, algumas modificações poderiam ter sido feitas pelos próprios moradores (como, por exemplo, a construção de mezaninos, tanto no ambiente da sala/cozinha, como no dormitório orientado para o norte).

Em geral, considerando apenas os resultados deste estudo, os usuários estão satisfeitos com suas moradias no que concerne à edificação e ao terreno. Acredita-se que o crescimento de vegetação no entorno da casa tenha contribuído para a melhoria da percepção de conforto térmico por parte dos moradores.

Dois aspectos identificados que podem contribuir para uma melhor aceitação em futuros projetos são: o aumento de área da casa, que foi considerada pequena; e a locação da cozinha, que se preferia separada do estar. Verificou-se, ainda, que os moradores das cinco casas construídas segundo o modelo da Casa Alvorada preferiram a disposição adotada nas

casas do modelo Casa Verena, que dispõem de estar separado da cozinha e um menor banho.

7.4.3.8 Avaliação das edificações autoconstruídas

Este estudo, realizado por Ferrari et al. (2004), buscou ampliar a avaliação sobre um conjunto habitacional concebido segundo princípios mais sustentáveis. O objetivo específico, ao realizar essa avaliação com as pessoas que residiam em casas situadas no entorno próximo às habitações projetadas pelo NORIE, foi o de verificar o grau de satisfação dessa população com suas moradias e sobre a percepção dessas pessoas a respeito das casas Alvorada e Verena. Para se obterem dados mais abrangentes sobre os aspectos positivos e negativos do CETHS, considerou-se importante ouvir a opinião de residentes que vivem no local há praticamente o mesmo tempo que os residentes da proposta do CETHS, mas que tiveram suas casas construídas mediante outro processo, quase sem supervisão técnica e segundo os procedimentos tradicionais. A forma como ocorreu o planejamento e a construção das casas em questão é muito interessante, pois a participação do usuário final nesse processo aumentou a interação dele com a casa.

Portanto, as questões orientadoras deste estudo foram as seguintes.

- Qual a percepção dos moradores da área adjacente ao CETHS, que construíram suas próprias casas, quanto aos aspectos de conforto térmico, visual e acústico, e quanto ao desenho de suas próprias casas, assim como sobre a im-

plantação de sua moradia no lote?

- Como esses moradores avaliam as casas do CETHS, construídas segundo os modelos desenvolvidas pelo NORIE?

7.4.3.9 Método

O estudo desenvolveu-se em duas etapas: coleta de dados e análise, que são descritas a seguir.

A etapa da **coleta de dados** teve como objetivo levantar informações a partir de entrevistas junto aos moradores da área adjacente ao CETHS, cujas residências foram executadas por meio de autoconstrução. O questionário, que continha perguntas relativas a conforto térmico, visual e acústico, a respeito do projeto de suas casas e da implantação de sua moradia no lote, também procurou perceber a opinião desses usuários sobre o CETHS.

As fontes de evidência foram obtidas através de questionários aplicados aos moradores e de observações diretas. O estudo envolveu dez casas localizadas nas proximidades do conjunto de casas do CETHS. Todos os moradores residiam na área entre um e três anos. A seleção das casas foi realizada segundo os seguintes critérios: proximidade com as casas do CETHS e facilidade de encontrar o proprietário. A localização das casas é apresentada na Figura 140; nas Figuras 141 e 142, o levantamento fotográfico realizado na ocasião. Durante as entrevistas foram observadas e anotadas as informações sobre a posição solar dos ambientes mencionados.



Figura 140 – Planta de Localização: são destacadas as casas integrantes da proposta do CETHS; na parte superior da figura (em azul) é indicada a localização das casas cujos moradores foram entrevistados



Vista do conjunto de casas construídas segundo o modelo desenvolvido para o CETHS



Vista das habitações vizinhas ao conjunto CETHS cujos moradores foram entrevistados

Figura 141 – Caracterização das casas cujos moradores foram entrevistados



Figura 142– Edificações construídas pelos ex-moradores da Vila Tomate. À esquerda, uma moradia transportada da Vila Tomate e remontada na área do CETHS

A etapa de **análise** se iniciou com a tabulação dos dados, transformando-os em gráficos para melhor visualização.

7.4.3.10 Resultados do levantamento de campo

As entrevistas foram realizadas em um sábado de outono. É importante ressaltar que as casas avaliadas não fazem parte de um conjunto uniforme, apresentando muitas diferenças quanto aos materiais, técnicas construtivas e qualidade de projeto, quando comparadas entre si. Algumas delas foram construídas com financiamento da Caixa Econômica Federal, sendo as que apresentam melhor desempenho e satisfação do usuário.

A escolha dos materiais e da técnica construtiva influencia muito no desempenho da edificação. Algumas das casas avaliadas foram construídas em madeira e apresentavam frestas; outras não possuí-

am vidros nas esquadrias; e outras, construídas em alvenaria, eram mais bem acabadas. Por isso algumas respostas não se limitam a problemas de orientação solar, mas de precariedade da edificação.

Perfil dos entrevistados

Conforme já referido, foram entrevistados moradores de dez casas. Dos entrevistados, 20% estavam na faixa entre 19 e 30 anos, 40%, entre 30 e 50, e 40%, acima dos 50 anos; 60% dos respondentes eram mulheres, e 40%, homens. As informações foram fornecidas por moradores que: estão em casa mais à noite (50%); noite e final de semana (30%); e todo o dia (20%). As residências eram ocupadas por 3 a 10 pessoas: 10% das moradias eram ocupadas por 10 moradores; 20% tinham 6 residentes; 30%, 5 pessoas; 30%, 4 pessoas; e 10% possuíam apenas 3 moradores (Figura 143).

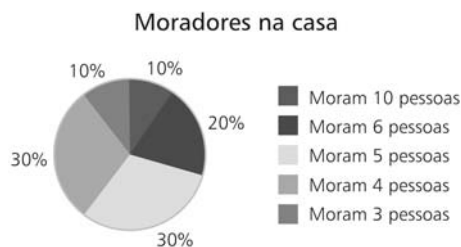


Figura 143 – Quantidade de moradores por residência

Todos os moradores declararam viver na área, no máximo, há três anos. Desses, 60% já residem há 3 anos, 20%, há 2,5 anos, e 10%, há um ano e meio. Dos moradores entrevistados, 30% são originários de fora do município (2 de Novo Hamburgo e 1 de Alegrete) e os demais são de Nova Hartz, sendo um residente do próprio bairro e outro vindo de um sítio. A maioria é empregada em fábricas de calçados (60%).

Percepção quanto ao conforto térmico

A questão do desempenho térmico parece muito crítica, e, em muitos casos, a alternativa é sair de casa quando está muito quente. A primeira questão referente a esse item indaga a respeito da peça mais quente e da mais fria da casa. De acordo com os moradores, todas as residências possuem peças quentes, e 50% reclamaram do calor nos dormitórios a oeste. Evidenciou-se calor, também, na cozinha, garagens e dormitórios e sala (norte) e em dormitórios e garagens (na fachada leste). A residência onde a garagem está situada a leste é muito quente e não possui forro. Não foi possível o ingresso nas residências para verificação de todas as peças.



Figura 144 – Peça mais quente da residência

Quanto à peça mais fria, os usuários apresentaram queixa de frio, principalmente, no lado sul (70%), mas também registraram frio em toda a casa (10%); nas fachadas norte (sala), leste e oeste (dormitório). É interessante notar que nas residências onde os dormitórios a oeste e leste são frios não existem vidros nas esquadrias.



Figura 145 – Peça mais fria da residência

Perguntados sobre onde preferiam ficar quando fazia muito calor, todos responderam que ficavam na área externa da casa, geralmente na varanda, o que demonstra que o desempenho térmico das moradias é bastante precário.



Figura 146 – Onde fica quando está muito quente

As opções mais frequentemente identificadas para os dias quentes são: ligar o ventilador (80% das respostas); abrir as janelas (60%); e ir para a rua (50%). As respostas também evidenciam que as casas não têm ventilação cruzada, sendo praticamente indispensável o uso de ventilação mecânica.

Para fazer frente ao frio, 30% dos residentes utilizam fogão a lenha; metade deles somente fecha as janelas, enquanto 10% declararam que não tomam nenhuma atitude em particular. Conforme referido anteriormente, algumas das casas não possuem vidros nas esquadrias, e outras apresentam muitas frestas, o que impossibilita indicar uma das opções oferecidas pelo questionário.

O mau desempenho térmico diante das condições de calor fica evidenciado pelo fato de que 40% dos entrevistados responderam que a casa deles é mais quente do que a rua, e 40%, que é muito mais quente do que a rua. Dez por cento a consideram menos quente, e somente 10% consideram que é bem menos quente do que na rua.

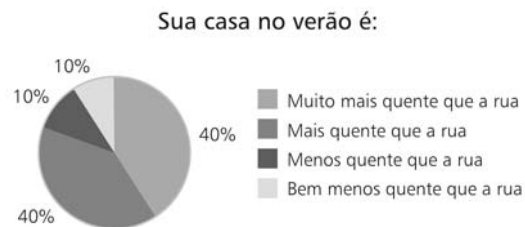


Figura 147 – Percepção do calor dentro da casa

No inverno, apesar de muitas das moradias não possuírem vidros (conforme declarado por 30% dos moradores), 60% deles declararam que a casa é menos fria do que a rua, e 20% que é bem menos fria do que a rua. Dez por cento consideram que a casa é tão fria quanto na rua, e 10% a consideram mais fria.

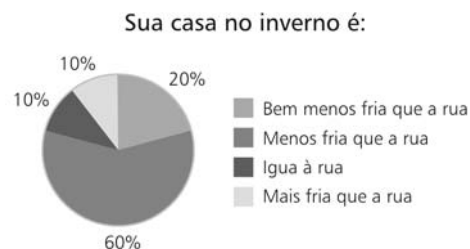


Figura 148 – Percepção do frio dentro da casa

Daqueles que responderam, metade declarou que a casa não canaliza o vento, enquanto 40% afirmaram que sim. Um morador não soube responder. Todos os usuários declararam que não têm problemas com mofo, mas três apresentaram ressalvas: observaram umidade na cozinha ou próximo à cozinha. De todos os questionários respondidos, 50% afirmaram

que existem frestas, que deixam passar frio ou chuva na sua residência, e dos cinco que responderam afirmativamente dois esclareceram que a casa não possui vidros e um que não possui vidros nem esquadrias. Quanto à condensação, 90% dos entrevistados não notaram o escorrimento de água nas paredes.

Percepção quanto ao conforto lumínico

Neste item, buscou-se conhecer as deficiências apontadas pelos moradores relacionadas à deficiência lumínica e seus reflexos no conforto visual. A primeira questão é referente à necessidade de acender a luz durante o dia. A maioria não necessita de iluminação artificial na maior parte da residência: 70% não acendem a luz, 20% acendem a luz do banheiro, e 10%, a do dormitório. Daqueles que acendem a luz do banheiro, um deles esclarece que a janela do banheiro se abre para uma área coberta.

Durante o dia você tem que acender a luz?

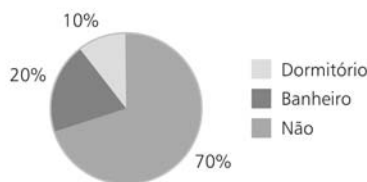


Figura 149 – Necessidade de acender a luz durante o dia

Quanto à presença de cortinas bloqueadoras dos raios solares diretos, apenas 20% responderam que não utilizam cortinas em nenhuma janela, enquanto também 20% disseram que todas as janelas de suas casas possuem cortinas. Dos demais entrevistados, 23% responderam que os dormitórios pos-

suem cortinas, 24%, a sala, e 13%, a cozinha. Quando interrogados pelo motivo da presença de cortinas nessas dependências, 65% justificaram pela questão estética, 10%, a privacidade, e 5%, o problema do vento no dormitório sul, onde as esquadrias não possuem vidros.

Comparando a luminosidade das peças dentro da casa, percebe-se que muitos problemas são projetuais e poderiam ser evitados, como banheiros e cozinhas com aberturas voltadas para áreas cobertas, geralmente garagens. Alguns não identificaram nenhuma diferença entre a iluminação das peças, 10% disseram que todas eram iguais, e 20% não identificaram alguma que fosse mais escura.

Qual das peças é mais escura?

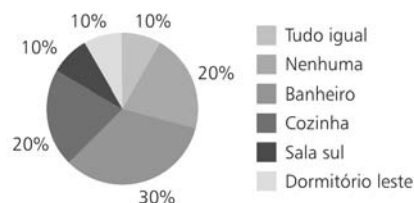


Figura 150 – Peça mais escura

Quanto às peças mais claras das habitações, ficou evidente a identificação daquelas com orientação norte, sejam salas (30%) ou cozinhas (30%); 10% identificaram a sala ao sul; 20% consideram a iluminação igual em todas as peças; e 10% não identificaram nenhuma peça como a mais clara.

A escolha do local adequado para realizar trabalhos que necessitem de luz não corresponde à peça mais clara, referente à pergunta anterior. Apenas

20% responderam que preferem peças com orientação norte; 10% utilizam a cozinha ou a sala, e 10%, a garagem. Grande parte dos entrevistados prefere ambientes com boa iluminação artificial, e outros se dirigem à área externa para realizar trabalhos como costura e leitura, enquanto 10% dizem não fazer nenhum tipo de trabalho que exija mais luz.



Figura 151 – Peça mais clara



Figura 152 – Local com iluminação adequada

Na última questão desta categoria de perguntas, perguntou-se sobre o local mais adequado para as crianças fazerem o dever de casa. A maioria respondeu que elas ficavam na sala, por motivos variados: pela luz artificial melhor, pelo espaço mais amplo e até mesmo pela televisão. O fato é que apenas 20% fazem o dever na sala que tem orientação norte.

Nos casos em que o quarto era mais utilizado, justificaram que era pela privacidade ou pela preferência das próprias crianças. Em apenas uma casa as crianças utilizam a cozinha, de orientação norte e boa iluminação artificial, para fazer o dever.

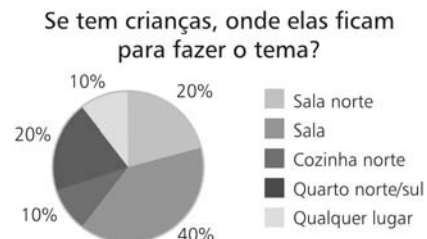


Figura 153 – Onde as crianças fazem o tema

Percepção quanto ao conforto acústico

Com relação ao conforto acústico, foram feitas perguntas referentes ao barulho da rua, dos vizinhos e dentro da própria casa. O barulho dos automóveis da estrada quase não é percebido pelos moradores, pois somente um respondeu que era incômodo.

Verificou-se o oposto quanto ao barulho dos vizinhos: 90% disseram que incomoda e, entre estes, um se constrangeu ao responder. Esse resultado se esclarece no item referente ao projeto arquitetônico, uma vez que a distância entre as casas é pequena.

Quando perguntados sobre barulhos noturnos provenientes da rua, a metade disse que se incomodava, inclusive por conflitos nas casas vizinhas. Com relação ao barulho dentro da casa, como TV e rádio, a metade disse que incomoda.

Percepção quanto ao projeto arquitetônico

Nesta categoria se pôde avaliar as necessidades particulares de cada família, assim como a satisfação ante o projeto da casa. Para muitos, o mais importante é ter uma casa própria, mesmo que seja insatisfatória. As casas de madeira, construídas com recursos próprios, são efetivamente mais precárias. Também é possível perceber a falta de flexibilidade que um terreno pequeno impõe.

Quando questionados se o tamanho da casa é suficiente para a família, metade dos entrevistados disse que sim, a maioria por ter sido feita por eles. Aqueles que responderam negativamente sentem falta de espaço por serem famílias grandes.

Relativamente à distância existente com a casa do vizinho, apenas um morador disse ser suficiente. Os demais apontaram falta de privacidade, falta de espaço, lote pequeno, barulho dos vizinhos, enfim, fatores que geram problemas de relacionamento.

A maioria (70%) se diz satisfeita em morar na casa, principalmente por serem proprietários, por ter sido feita sob medida e por preferirem morar em loteamento distante do centro, mesmo que a casa não seja satisfatória, a ter que pagar aluguel. Entre aqueles que não estão satisfeitos, 20% dizem preferir casa de alvenaria, e 10% acham a casa pequena e de má qualidade.

A metade diz não ter dormitórios suficientes para a família, tendo três dormitórios para dez pessoas, um dormitório para cinco e dois dormitórios para seis pessoas, por exemplo. Aqueles que estão satisfeitos dizem que a casa foi feita sob medida, uma delas com quatro quartos. Quanto ao número

de dormitórios, observa-se que a tendência é a necessidade de mais de dois dormitórios, pois as famílias são grandes.

A sua casa tem quartos suficientes para a sua família?

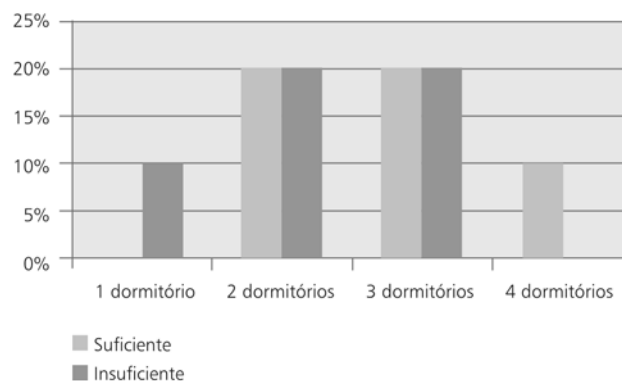


Figura 154 – Suficiência do número de quartos

Quanto ao tamanho da casa, os moradores foram questionados se julgavam haver espaço suficiente para alguém trabalhar em casa. Dos entrevistados, 70% responderam que não, dos quais um disse que talvez fosse possível trabalhar na garagem.

Sobre a satisfação estética a respeito da própria casa, 80% responderam que achavam a casa bonita, mas destes dois fariam melhorias para deixá-la ainda mais bonita, como pintar e plantar flores, ou ainda substituir a madeira por alvenaria. Daqueles que não acham suas casas bonitas, um construiria outra em alvenaria e o outro pintaria e faria mais um quarto.

Quarenta por cento das casas já receberam melhorias: ampliações (garagem), acabamentos (reboco) e construção de banheiro e cozinha em alvenaria (antes eram de madeira), mas a maioria dos

proprietários ainda gostaria de fazer alguma reforma: 30% fariam casas novas de alvenaria, substituindo a madeira; 20% ampliariam dormitórios; 20% lamentavam a falta de espaço para ampliar; 20% fariam melhoras pontuais, como trocar o material da cobertura de espaço para melhorar a eficiência térmica e separar a cozinha da sala.

Percepção quanto ao lote

A maioria dos entrevistados é proveniente da zona rural (70%). Muitos consideram o pátio pequeno (70%), sendo que apenas 30% o consideram de tamanho médio.

A presença de vegetação no pátio, como flores, hortas ou árvores frutíferas, se manifesta em 70% dos lotes, na frente ou nos fundos; 30% não cultivam vegetação no pátio. Destes, somente um utiliza o pátio dos fundos para serviço. Quando se perguntou o que gostariam de ter no pátio, todos responderam que gostariam de ter vegetação: jardim, horta e árvores. Dois ainda citam elementos construídos, como cercas, muros e calçada de acesso.

As atividades que são realizadas no pátio se sobrepõem, sendo algumas multifuncionais. Seis entrevistados dizem que é o lugar de as crianças brincarem, quatro realizam manutenção de hortas e jardins, dois utilizam a área dos fundos para serviço, e dois dizem que não fazem nada no pátio. A seguir segue um gráfico que relaciona as atividades realizadas, categorizadas e em percentagem, de acordo com a ocorrência de respostas similares.

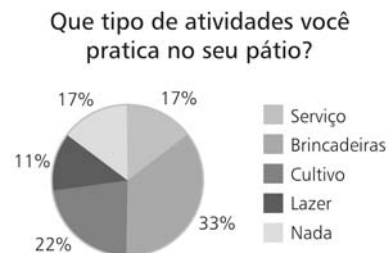


Figura 155 – Atividade praticadas no pátio

Quanto ao local de brincadeira das crianças, 70% responderam que elas ficam mais na frente do lote e brincam mesmo que este seja pequeno, e os outros disseram que brincam pouco pela falta de espaço (10%), que brincam fora do pátio (10%) e que não têm crianças (10%).

Todos os moradores gostariam de plantar algum tipo de vegetação no pátio. A maioria gostaria de plantar uma horta; outros gostariam de ter também um jardim; um deles plantaria árvores para sombrear, e outro, árvores frutíferas.

A maioria (90%) concorda que a vegetação deve proporcionar frutos, chás e temperos (20% destes adicionam o cultivo de flores, e 10% adicionam flores e sombra); o restante (10%) apenas necessita de sombra.



Figura 156 – Que tipo de vegetação gostaria de ter no pátio

Percepção quanto às habitações do CETHS

Todos os entrevistados declararam conhecer as residências do CETHS. Metade deles gostaria de morar em “uma daquelas casas”, 40% não gostariam, e 10% gostariam, se a família fosse constituída apenas pelo casal.

Daqueles que **gostariam** de morar nas casas, 20% declararam que “adorariam”; 20% a consideraram pequena; 20% declararam que a consideraram pequena, mas maior que a sua; 20% a consideraram “muito ajeitada”, porém muito pequena; e 20% a consideraram muito confortável, “por ser de alvenaria”. Ou seja, simpatizam muito com a casa, mas que não atende às necessidades de todos, pelo seu reduzido tamanho.

Entre aqueles que **não gostariam** de morar nas casas, 40% explicaram ser a casa muito pequena; 40% justificaram que sala e cozinha juntas “não é bom”, além de serem muito pequenas; e 20% adicionaram a esses argumentos o fato de a área dos fundos ser pequena.

Dos que responderam "não":
motivos porque não morariam nas casas do CETHS

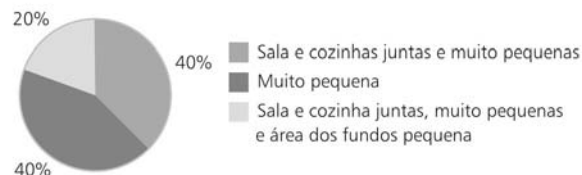


Figura 158 – Entrevistados que não gostariam de morar nas casas do CETHS

7.4.3.11 Análise das respostas

Dos resultados obtidos e sua análise resultaram as seguintes observações:

- foram observados dois tipos de população no bairro. As casas construídas ao norte eram mais bem acabadas, apresentando, inclusive, partes em alvenaria. Essas moradias resultaram de construções executadas com recursos da Caixa Econômica Federal, ou seja, seus proprietários foram avaliados e selecionados como aptos a receberem empréstimos. Os próprios moradores se encarregaram do projeto e da construção das suas moradias. Esses moradores apresentaram um alto índice de satisfação com suas casas, reclamando apenas do tamanho dos lotes e da privacidade com os vizinhos. As casas ao sul não estavam completamente acabadas, sendo que, em muitas, faltava a instalação de vidros. Ao contrário dos outros moradores, essas casas foram executadas sem o apoio bancário, e seus moradores não dispunham de muitos recursos;

Dos que responderam "sim":

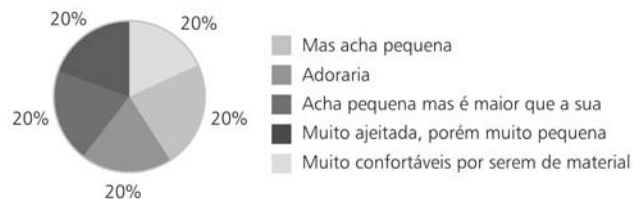


Figura 157 – Entrevistados que gostariam de morar nas casas do CETHS

b) as duas maiores reclamações foram o barulho dos vizinhos (falta de privacidade) e o tamanho dos lotes. Foi detectado um alto grau de satisfação, gerado pelo processo de autoconstrução, em que a crítica ao seu próprio trabalho revelou moradores contentes com sua moradia, fruto de sua própria produção. Nesse processo cada morador executou sua casa segundo suas próprias necessidades e seu próprio gosto estético, ainda que sem a orientação técnica adequada;

c) os resultados também mostram que, em geral, as casas apresentam problemas de conforto térmico. A maioria das residências é descrita como insuportável no verão, necessitando de ventilação mecânica. No inverno a insatisfação é menor, tendo 70% dos usuários declarado que a casa é menos fria do que a rua ou bem menos fria do que a rua;

d) correntes de ar é o problema detectado na metade das moradias, enquanto o mofo e a umidade parecem não ser problemas graves, pois todos os entrevistados negaram sua existência, sendo que alguns acabaram por citar alguma ocorrência em áreas próximas à cozinha. A presença de frestas está associada ao fato de que algumas das casas não possuem vidros e esquadrias. A grande maioria não observou água escorrendo pelas paredes;

e) quanto à luminosidade das residências, poucos cômodos são considerados escuros, como alguns banheiros e cozinhas, com iluminação natural indireta. A maioria escolhe dependências com boa iluminação artificial ou a área externa para realizar trabalhos que exigem mais luz;

f) com relação à acústica, o maior problema é o barulho dos vizinhos, devido à proximidade das casas, mas o barulho de dentro de casa também incomoda;

g) na avaliação do projeto das casas, pode-se perceber como a participação do proprietário nessa etapa é importante, uma vez que cada família tem suas necessidades. Alguns moradores preferem ter uma casa própria mesmo que seja insatisfatória. Também se percebe nas entrevistas a falta de flexibilidade que um terreno pequeno impõe. Quanto ao número de dormitórios, a tendência é a necessidade de mais de dois dormitórios, pois as famílias são grandes;

h) os lotes são considerados pequenos por 70% dos entrevistados. Este mesmo número possui vegetação no pátio, e 90% opinam a favor de um jardim produtivo, com frutas, verduras, chás e temperos. A maioria das crianças brinca no pátio, apesar de ser pequeno; e

i) ao serem questionados sobre o que pensam em relação às casas do protótipo e se gostariam de ser moradores de uma delas, metade dos entrevistados admite que gostaria de morar lá, mesmo considerando-as pequenas. Dos que responderam que não, um declarou que gostaria, se a sua família fosse apenas um casal. Foram recorrentes as críticas ao tamanho e à disposição integrada da sala e cozinha. Os moradores das casas que se encontram incompletas declararam que prefeririam morar nas casas do protótipo, mas também reclamam de seu tamanho e da cozinha integrada à sala.

7.4.3.12 Considerações finais

A avaliação realizada corrobora a idéia de que, quando as habitações são construídas pelos próprios moradores, os resultados são muito diferentes daqueles ocorrentes quando as soluções são desenvolvidas pelos técnicos, uma vez que os moradores têm seu próprio conceito de casa. As residências são, então, construídas de acordo com suas necessidades específicas. Fazer o cliente participar do processo de projeto e de construção das casas é um fator positivo, pois gera um sentimento de “importância” e “potência” diante da realidade, de forma que ele passa a ser o responsável pelo imóvel e se sente seguro para, por exemplo, modificá-lo, ou seja, o projeto deve ser flexível, permitindo, inclusive, ampliações.

Apesar de as casas do CETHS terem sido projetadas com a área regulamentada para habitação popular, a maioria dos moradores vizinhos a considera pequena, principalmente porque 90% das famílias entrevistadas possuem cinco ou mais pessoas. Outra observação é sobre a cozinha e a sala integradas: as legislações relativas à habitação de interesse social, geralmente, determinam áreas muito reduzidas, forçando essa solução, que geralmente não é bem recebida pela população.

Uma das principais críticas dirigidas aos empreendimentos habitacionais de interesse social se refere à qualidade construtiva e ao fato de não atenderem às necessidades dos usuários, especialmente quanto às condições de conforto térmico (PEREIRA; KREMER; KUCHNBECKER, 2000). Os mesmos autores criticam a repetição de soluções arquitetônicas, desconsiderando as características climáticas e socioculturais de cada re-

gião. Observou-se, no tocante a esse aspecto, que a resposta dos moradores das casas projetadas para o CETHS apresentou um grau de satisfação com suas moradias consideravelmente superior às casas autoconstruídas. Enquanto nas casas projetadas pelo NORIE, seis residentes (entre os sete entrevistados) consideraram as suas moradias menos quentes que o exterior, durante o verão, nas casas autoconstruídas o mau desempenho térmico ante condições de calor fica evidenciado pelo fato de que 40% dos entrevistados responderam que sua casa é mais quente, e 40%, que é muito mais quente do que a rua, para o mesmo período.

Diferentemente de quando projetam uma residência onde toda a família é ouvida, os projetistas enfrentam problemas ao projetar conjuntos residenciais, pois estão constrangidos em atender às determinações dos empreendedores. Em geral, não projetam para o usuário final desse imóvel, sendo suas necessidades e sonhos raramente considerados, e o projeto padronizado anula as diferenças. As pesquisas realizadas nessa área são poucas, e uma grande parte está voltada para o potencial de compra dos consumidores (CIRICO, 2002).

Em estudos realizados por Malard et al. (2002), os autores admitem que:

Quando a territorialidade, a privacidade, a identidade e a ambiência são afetadas, o morador rejeita as soluções dadas, por mais que os projetistas se tenham empenhado para o sucesso de seus projetos.

Em outras palavras, a participação do usuário final durante o projeto, planejamento e construção das habitações é importante para a posterior apropriação e aceitação delas.

No caso das casas projetadas para o CETHS, o principal aspecto identificado como crítico foi a limitação nas dimensões da casa, natural diante das demandas por parte de famílias que possuem um número considerável de membros, ultrapassando os limites oferecidos por uma habitação popular de dois dormitórios. Outro aspecto sujeito a críticas foi a localização da cozinha, que é preferida separada do estar. Essa demanda foi contemplada no segundo modelo

de habitação proposta, a Casa Verena (Figura 93), cujo projeto foi discutido com os futuros usuários (moradores da Vila Tomate, em Nova Hartz) do pretendo CETHS. Na segunda avaliação realizada, esta recebeu comentários favoráveis, neste particular, por parte dos moradores das cinco casas construídas segundo o modelo da Casa Alvorada, cujo projeto, pré-concebido pela equipe do NORIE, atendeu aos moradores da Vila dos Trilhos.



Figura 159 – As duas unidades da Casa Verena em uso (2006). Ao centro, à esquerda, a fachada sul; à direita, vista de nordeste; abaixo, vista de sudeste

8.1 O protótipo Casa Alvorada: O projeto

8.2 O protótipo Casa Alvorada: avaliação do projeto

8.3 O protótipo Casa Alvorada: a construção

8.4 O protótipo Casa Alvorada: medições
e avaliações *in loco* do protótipo

8.5 Esquadrias em madeira

8.6 Captação de água de chuva

A avaliação dos resultados

8.1 O protótipo Casa Alvorada: o projeto

8.1.1 Caracterização do protótipo Casa Alvorada

Descreve-se a edificação implementada no *campus* da UFRGS, particularmente as modificações nela incorporadas, relativamente àquelas unidades (Casa Alvorada) construídas no Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis (CETHS), e relatam-se as experiências de construção e os resultados de monitoramento, assim como de diversos estudos nela desenvolvidas. Do projeto da edificação, que foi desenvolvido com a participação de diversos alunos de mestrado (arquitetos, engenheiros civis e agrônomos), de turmas sucessivas, a partir de 1999, participaram mais de 30 profissionais.

Conforme divulgado na página do Programa Habitare (<http://www.habitare.org.br/>), “a concepção e construção de protótipos empregando materiais de baixo impacto ambiental e baixo custo, visam atender à necessidade básica da habitação, integrando conceitos de desempenho, qualidade e conforto da habitação. O protótipo será usado como modelo de divulgação de uso de tecnologias não convencionais, e como elemento

para teste e verificação de metodologias de avaliação de desempenho. Para construção do protótipo serão empregados novos produtos desenvolvidos no âmbito dos projetos de pesquisa financiados pela FINEP – Programa de Tecnologia da Habitação – HABITARE”.

O processo de desenvolvimento do protótipo Casa Alvorada (PCA) teve início com a análise das idéias premiadas no Concurso Internacional de Idéias de Projeto, com o apoio da ANTAC e da Passive and Low Energy Association (PLEA), que tinha por título “*Design Ideas Competition Sustainable Housing for Poor*” – Concurso Internacional de Idéias de Projeto – **Habitacões Sustentáveis para Populações Carentes** e que teve como objetivo discutir novos parâmetros para políticas habitacionais, segundo princípios sustentáveis. A partir das idéias constantes nas propostas premiadas no Concurso, uma equipe composta de alunos e professores do NORIE passou a desenvolver um projeto de habitação de baixo custo e baixo impacto ambiental para a cidade de Alvorada, para atender a uma demanda estabelecida em um convênio firmado com a Prefeitura desse município. Esse processo, posteriormente, passou a integrar um trabalho maior, de desenvolvimento do projeto de pesquisa CETHS, financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e pela Caixa Econômica Federal (CAIXA), visando ao desenvolvimento de um projeto executivo para um conjunto habitacional com objetivos demonstrativos e experimentais, para ser implantado na cidade de Nova Hartz, RS (SATTler; SPERB, 2001a). A Casa Alvorada (Figura 160) seria uma das tipologias habitacionais a serem implantadas no CETHS.



Figura 160 – Imagens da Casa Alvorada, tal como concebido para o município de Alvorada

Os principais objetivos da Prefeitura de Alvorada, com o desenvolvimento desse protótipo, foram os de qualificar e regularizar as atividades locais de construção de habitações populares, atenuar o déficit habitacional, reduzir impactos ambientais e possibilitar a geração de renda, já que o Município tinha, e continua tendo, um alto índice de desemprego. Além desses objetivos predefinidos, foram caracterizados outros objetivos, como a qualidade do espaço construído diante de critérios de habitabilidade e acessibilidade, a fim de propiciar maior qualidade de vida aos usuários da edificação.

Identifica-se o PCA como aquele construído no *campus* da UFRGS, tendo recebido algumas peque-

nas modificações relativamente à Casa Alvorada (CA), construída no CETHS, parcialmente implementado na cidade de Nova Hartz, RS. Tal como no projeto do CETHS, para a construção do PCA o NORIE também contou com recursos da CAIXA e da FINEP. A edificação foi construída como parte de um conjunto de cinco protótipos demonstrativos contemplados com recursos pelo Programa Habitaré.

O protótipo (Figura 161), tal como a CA, consiste em uma residência unifamiliar, com um programa de necessidades típico de uma habitação para uma família pequena, incluindo dois dormitórios, sala e cozinha conjugados, banheiro, área de serviço e área de entrada, totalizando 48,50 m² de área construída.



Figura 161 – Imagens do PCA, tal como adaptado para o *campus* da UFRGS

Considerando os objetivos a serem alcançados, foram definidas diretrizes para o projeto do protótipo de habitação, que representam fatores determinantes do desempenho energético dele, entre elas a otimização das condições de habitabilidade da edificação e a escolha criteriosa dos materiais e sistemas construtivos. Condições otimizadas de habitabilidade resultam de projetos minuciosos, que utilizaram a forma da implantação e a composição das aberturas, bem como a escolha dos materiais em favor do conforto do futuro usuário da edificação. Desse modo, minimizam-se quaisquer *inputs* energéticos, tais como iluminação e ventilação artificial. A escolha dos materiais de construção, por outro lado, levou em consideração o consumo energético relacionado à extração das matérias-primas, ao processamento destas, à montagem em obra, ao uso da edificação e ao transporte necessário entre as diversas etapas de produção da edificação.

Tanto a Casa Alvorada como o protótipo Casa Alvorada, derivado da primeira, são modelos de habitação destinados a populações de baixa renda, ambos estando inseridos em um processo de busca de desenvolvimento de referenciais **mais sustentáveis** para a produção da habitação e do ambiente urbano. Nesse contexto, identificam-se ambos como habitações mais sustentáveis por buscarem maior eficiência nos fluxos de matéria e energia, utilizando tecnologias compatíveis com objetivos sociais, econômicos e ambientais das comunidades e potencializando as ações de reeducação formal e informal. Tais habitações empregam estratégias passivas de aquecimento

e resfriamento, materiais de baixo impacto ambiental, oferecem a possibilidade de autoconstrução e buscam a gestão local de resíduos sólidos e líquidos, o uso de fontes energéticas sustentáveis, a coleta e o emprego de água de chuva, assim como a produção local de alimentos, através da incorporação de princípios de permacultura.

As atividades de construção do envelope do protótipo Casa Alvorada foram desenvolvidas entre outubro de 2001 e janeiro de 2003. Mesmo em agosto de 2006 não se pôde caracterizar o protótipo como totalmente concluído, já que novas atividades e metas são continuamente agregadas a ele. A seguir, são apresentados vários estudos realizados com o intuito de aprofundar a caracterização do PCA, ou de projetos complementares, e assim melhor entender e justificar o seu desempenho. As críticas contidas em muitos desses estudos buscam contribuir no aperfeiçoamento contínuo tanto do protótipo quanto de outras edificações de mesma natureza que vierem a ser desenvolvidas.

8.1.2 O paisagismo no entorno do protótipo Casa Alvorada

Este estudo (Figura 163) foi apresentado como produto de um trabalho desenvolvido por um grupo de alunos do NORIE, da disciplina Comunidades Sustentáveis em Prática (CHIARELLI; NERBAS; MAGRO, 2005), em continuidade a um trabalho anterior (CARDOSO et al., 2003), desenvolvido na disciplina de Paisagismo e Meio Ambiente, conduzida pela professora Beatriz Fedrizzi (Figura 162).

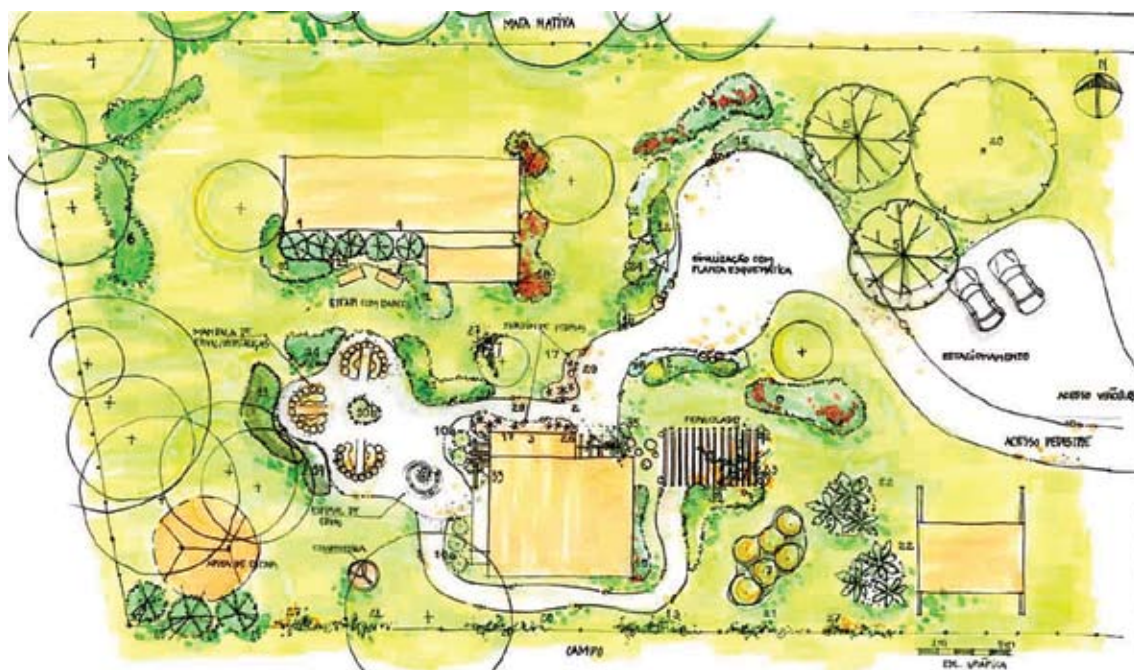


Figura 162 – Proposta inicial de paisagismo para o entorno do protótipo desenvolvido por alunos da disciplina Paisagismo e Meio Ambiente
 Fonte: Cardoso et al. (2003)

Os autores deste trabalho consideraram que, já que o local onde se encontra o protótipo se tornará uma área de demonstração de tecnologias habitacionais sustentáveis, caberia “estender as preocupações envolvidas no projeto da habitação para as áreas externas que compõem o entorno da casa”, partindo do princípio de que “a casa e o jardim devem estar per-

feitamente integrados, a ponto de constituírem uma unidade funcional”, justificando-se uma proposta de paisagismo para o local da implantação. O projeto, em seu todo, constou de uma implantação do protótipo, com seu entorno próximo, com a indicação das plantas utilizadas e suas funções, além de agregar o projeto de uma pequena churrasqueira de tijolos.

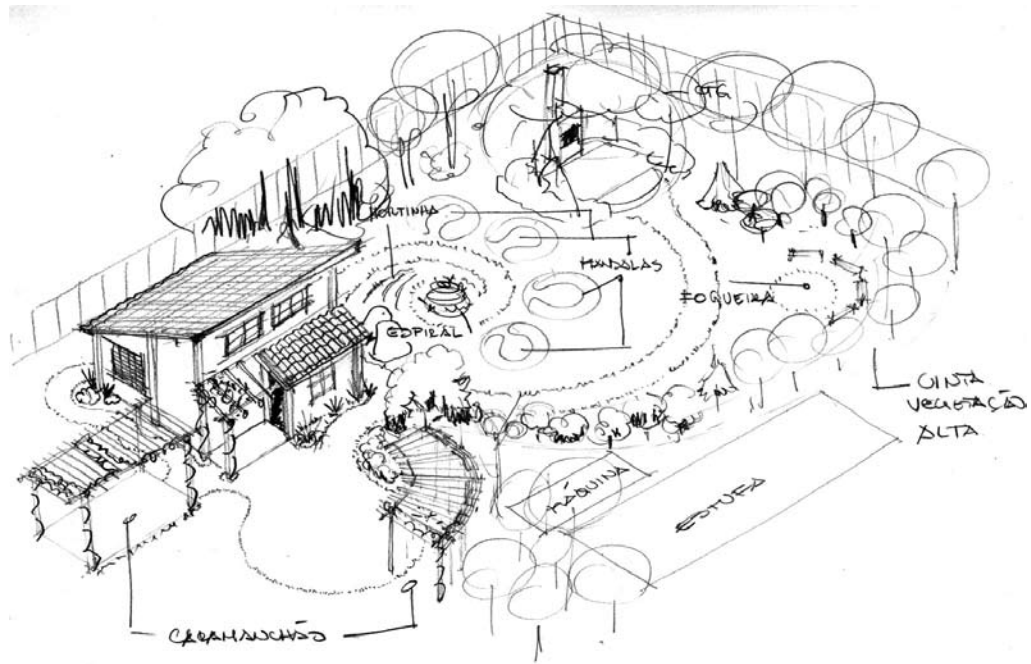


Figura 163 – Propostas adicionais de paisagismo para o entorno do protótipo Casa Alvorada
 Fonte: Chiarelli, Nerbas e Magro (2005)

8.1.2.1 Princípios e estratégias utilizados

Os autores buscaram inspiração na permacultura (MOLLISON, 1998) para o estabelecimento da proposta, incluindo:

- a) **paisagismo produtivo**: utilização de soluções como espiral de ervas, horta construída com material reciclado, etc., para a produção de alimentos, bem como com espécies que pudessem auxiliar na redução de despesas de alimentação e/ou de geração de renda, através de espécies hortícolas, ervas medicinais, matéria-prima para a produção de artesanato, etc.;
- b) **paisagismo pedagógico**: através da vegetação utilizada no projeto, demonstrar conceitos e técnicas permaculturais, e sensibilizar o visitante para o potencial ornamental e produtivo da flora local;
- c) **paisagismo contribuinte para o conforto térmico**: uso de trepadeiras caducifólias em pergolados e outros tipos de vegetação, que definam espaços sombreados no entorno da edificação; e
- d) **paisagismo contribuinte para o conforto visual**: agregando valor estético ao paisagismo produtivo e pedagógico.

Adicionalmente, a partir dos 253 **padrões** propostos por Alexander, Ishikawa e Silverstein (1977), o grupo selecionou 21 deles, que entendeu serem os mais adequados a espaços abertos coletivos e que melhor se adequariam à proposta do protótipo. Tais padrões, servindo de referencial para o projeto, ou passíveis de implementação posterior, foram:

· **Padrão 22 - Nove por cento de estacionamento**: não permita que se use para estacionamento mais do que nove por cento do solo, de qualquer zona;

· **Padrão 112 - Transição à entrada**: crie um espaço de transição entre a rua e a porta dianteira. Leve o caminho que conecta a rua à entrada, através desse espaço de transição, e marque-o com trocas de luz, de som, de direção, de superfície, de nível, etc.;

· **Padrão 121 - A forma do caminho**: alargue o caminho público até o centro e estreite os extremos, para que se forme um recinto apto a estar, e não só para passar;

· **Padrão 126 - Algo brusco no meio**: coloque algo que se destaque ao centro, entre os caminhos naturais que atravessam a praça pública, um pátio, um pedaço de terreno comum: uma fonte, uma árvore, uma estátua, uma torre-relógio, com assentos, um moinho de vento, um quiosque de música. Tome as medidas necessárias para que a praça tenha um pulso firme e vigoroso e que atraia as pessoas até o centro. Deixe exatamente onde cair entre os caminhos; resista ao impulso de situar exatamente ao centro;

· **Padrão 135 - Taipa de luz e sombra**: crie áreas alternativas de luz e sombra em todo o edifício, de modo que as pessoas caminhem espontaneamente até a luz, sempre que, ao fazê-lo, se dirijam aos lugares importantes: assentos, entradas, escadas, corredores, sítios de beleza especial, etc., e incrementalmente o contraste, escurecendo as demais áreas;

· **Padrão 147 - Comer juntos:** faça da comida em comum um evento regular. E, em concreto, estabeleça um almoço comum, em cada lugar de trabalho, de modo que a autêntica comida em torno a uma mesa coletiva (e não, tirando-a de caixas, máquinas e bolsas) se converta em um acontecimento diário agradável e importante nele e que haja lugar para convidados;

· **Padrão 161 - Lugar ensolarado:** nos pátios e jardins orientados ao sol, encontre um ponto mais ensolarado, entre o edifício e o exterior. Desenvolva-o como um lugar ensolarado especial, faça dele um importante ambiente exterior, um lugar para trabalhar ao sol, para se mexer e cuidar de algumas plantas, para se banhar ao sol. Cuide especialmente de situá-lo em um lugar ensolarado, em uma posição protegida ao vento. Um vento forte impedirá de usar o mais belo dos lugares;

· **Padrão 170 - Pomares:** plante pequenos hortos de frutas em jardins e terrenos comuns, ao longo dos caminhos e ruas, em parques e vizinhanças, sempre que haja grupos bem estabelecidos e capazes de cuidar deles e colher as frutas;

· **Padrão 171 - Lugares árvore:** ao plantar árvores, faça-o de acordo com sua natureza, formando recintos, avenidas, praças, agrupados ou isolados, quando têm a copa extensa e se situam no centro de espaços abertos. Configure os edifícios próximos, em resposta às árvores, de modo que esses, em si mesmo, e junto àquelas, formem lugares utilizáveis pelas pessoas;

· **Padrão 174 - Caminhos com pérgolas:** quando os caminhos reclamarem uma proteção especial ou quando se necessite um maior grau de intimidade, cubra-os com uma pérgola, embelezada com plantas trepadeiras. Utilize uma tela para contribuir para formar espaços exteriores de ambos os lados;

· **Padrão 176 - Banco de jardim:** crie no jardim um lugar tranqüilo, em recinto privado, com assento cômodo, sol e vegetação densa. Escolha cuidadosamente o lugar do assento, para que ofereça intensa presença solar;

· **Padrão 177 - Horta:** reserve um pedaço de terra no jardim privado ou nos terrenos comuns e destine-os para a horta. Cada família de quatro membros necessita, aproximadamente, de 400 m². Assegure-se de que a horta está ensolarada e que ocupa uma posição central em relação aos lugares que serve;

· **Padrão 181 - O fogo:** instale o fogo em um espaço comum, como um foco natural de conversações, sonhos e pensamentos;

· **Padrão 185 - Círculo de assentos:** situe cada espaço de estar em uma posição protegida, não atravessada por caminhos ou pelo movimento, aproximadamente circular e de tal natureza que o espaço mesmo ajude a sugerir o círculo - ainda que não exclusivamente - com os percursos e as atividades circundantes, de maneira que se grave naturalmente, até as cadeiras, quando exista o desejo de se sentar. Distribua com flexibilidade cadeiras e almofadas nesse círculo e procure que haja algumas a mais;

· **Padrão 238 - Luz filtrada:** ali onde a borda de uma janela, ou parte saliente de um telhado se recorte contra o céu, crie um rico e detalhado tapete de luz e sombra, para decompor a luz e suavizá-la;

· **Padrão 241 - Pontos de sentar:** escolher bons pontos para os assentos ao ar livre é muito mais importante que construir bancos de fantasia. Na realidade, se o lugar for bem escolhido, o mais simples banco é perfeito. Nos climas frios, situe os bancos de frente para o sol e protegidos do vento; nos climas de verão quente, situe-os à sombra e abertos às brisas de verão. Em ambos os casos, de frente para alguma atividade;

· **Padrão 242 - Banco na frente da porta:** construa um banco especial na frente da porta de entrada, para se sentar comodamente durante horas, para ver as pessoas passarem. Coloque o banco definindo um domínio semiprivado, em frente à casa. Uma mureta, algumas plantas ou uma árvore podem ajudar a criar esse domínio;

· **Padrão 245 - Flores no alto:** suavize as bordas dos edifícios, os caminhos e as áreas exteriores com flores. Eleve seus leitos de modo que se possa tocar, perceber o odor ou que caiam à nossa altura, ao nos sentarmos. Construa-os com bordas maciças e grossas, para que seja possível, também, sentar-se entre as flores;

· **Padrão 246 - Plantas trepadeiras:** procure fazer com que cresçam plantas trepadeiras nos mu-

ros ensolarados, em torno aos ocos, janelas, portas, átrios, galerias e pérgolas;

· **Padrão 247 - Pavimento com fendas entre as lajes:** pavimento caminhos e terraços com louças que deixem, entre si, fendas de 2 cm a 3 cm, em que cresçam as ervas, o musgo e as florzinhas. Coloque as lousas diretamente sobre a terra, e não em um leito de argamassa, e não use cimento, nem argamassa entre elas; e

· **Padrão 253 - Os objetos de sua vida:** não se deixe enganar pela idéia de que a decoração moderna tem que ser rebuscada ou psicodélica, natural ou arte moderna, plantas ou qualquer coisa que reclamem os fazedores de gostos do momento. É mais belo quando nasce diretamente de sua vida, das coisas que a você importam, das coisas que lhe dizem algo.

8.1.2.2 Proposição do projeto

Sinalização

Junto à entrada da área foi prevista a colocação de um painel informativo, para que os visitantes possam ser orientados sobre o projeto do protótipo Casa Alvorada e sobre os princípios envolvidos em seu desenvolvimento. Esse painel deverá conter um breve texto de apresentação do projeto e um esquema da área, em planta baixa, indicando os principais elementos utilizados nas áreas externas, com finalidade demonstrativa. Também podem ser acrescentadas ao painel informações sobre as principais espécies utilizadas, sua localização no jardim e seu potencial de uso.



Figura 164 – Sinalização

Jardim de pedra

Junto à fachada norte da casa é prevista a construção de um pequeno jardim de pedras, onde serão cultivadas espécies xerófitas. O jardim de pedras visa evitar a erosão e a compactação do solo, em função da queda da água da chuva (já que a face norte da cobertura não possui calha), e ainda demonstrar a possibilidade de construção de jardins utilizando plantas suculentas, com finalidade medicinal e de produção de alimentos.



Figura 165 – Jardins de pedra

Pergolados

Segundo o projeto original da habitação, é previsto o cultivo de trepadeiras caducifólias, em pergolados nas fachadas norte e oeste da casa, a fim de melhorar o conforto térmico no interior dela (uma vez que as espécies caducifólias permitem o sombreamento no verão e a passagem dos raios solares no inverno). Também é previsto um terceiro pergolado, próximo à entrada da casa, com a finalidade de servir como uma área de estar sombreada, a ser utilizada, também, como sala de aula ao ar livre, onde os visitantes poderão ser recebidos e orientados sobre os princípios envolvidos na concepção do projeto da casa e do jardim. Os pergolados permitem, também, a variação na paisagem, a partir da luz filtrada, que varia durante as diferentes horas do dia.



Figura 166 – Pergolados

Círculos de bananeiras

Têm a finalidade de demonstrar a utilização de uma estratégia permacultural, onde bananeiras são plantadas em círculos, ao redor de covas de, aproximadamente, 2 m de diâmetro por 1 m de profundidade. Essa técnica permite, além da produção de frutos, a produção de *mulch* e composto orgânico para os cultivos do jardim. À medida que as bananas vão sendo colhidas, suas folhas vão sendo cortadas e colocadas no interior do círculo, para serem compostadas (também outros resíduos orgânicos, provenientes do jardim, ou da cozinha, poderão ser compostados nesses locais).

Cerca produtiva

Consiste no cultivo de espécies trepadeiras, junto às cercas localizadas aos fundos da casa. Visa demonstrar a possibilidade do cultivo vertical de plantas medicinais e produtoras de alimentos, permitindo um maior aproveitamento da área disponível para o jardim.

Espiral de ervas

A espiral de ervas, já existente no local, próximo à cozinha, baseia-se em uma técnica permacultural, onde ervas e temperos são cultivados em um canteiro elevado, em forma de espiral. Essa estrutura permite um maior aproveitamento do espaço disponível e uma disposição racional das espécies, de acordo com suas exigências de insolação e drenagem do solo. Na construção da espiral teve-se o cuidado de utilizar materiais reaproveitados da obra da casa.



Figura 167 – Espiral de ervas

Horta permacultural

É prevista a ampliação da horta permacultural, que já foi iniciada no local, construindo-se mais dois canteiros semelhantes ao já existente. A horta é construída em canteiros elevados, usando-se pneus velhos. O cultivo em canteiros elevados permite maior facilidade de manejo e maior acessibilidade para pessoas de idade mais avançada e/ou que possuam dificuldades para se abaixar. A disposição em “ferradura” dos canteiros facilita o manejo da horta, uma vez que segue um design mais racional dos cultivos, onde as espécies de menor porte e maior exigência de manutenção são plantadas no interior da “ferradura”, enquanto as espécies maiores e que requerem pouca manutenção são dispostas do lado de fora da mesma. O projeto prevê, também, o cultivo de espécies repelentes de insetos (citronela e cravo-de-defunto) junto à horta, a fim de prevenir danos às demais espécies cultivadas.



Figura 168 – Horta permacultural

8.1.2.3 Outros aspectos considerados no projeto

O trabalho inclui, adicionalmente, o projeto de um conjunto churrasqueira/área de convívio, aqui não incluso, e um conjunto de tabelas de vegetação propostas para o paisagismo da área do entorno do protótipo.

8.1.2.4 Conclusão

Os autores da proposta não pretenderam esgotar as dimensões de sustentabilidade na exploração da proposta e expressaram ter utilizado apenas dois referenciais em sua proposição: Mollison (1998) e Alexander, Ishikawa e Silverstein (1977). Alegam que o paisagismo, em si, não está identificado com o conceito de sustentabilidade e que o tema requer uma abordagem interdisciplinar.

8.1.3 Projeto de um aquecedor multiúso: forno + fogão + lareira + aquecedor d'água

8.1.3.1 Introdução

Outro produto da disciplina Comunidades Sus-

tentáveis em Prática foi o desenvolvimento de uma proposta para um fogão para o protótipo, um “equipamento” cuja necessidade já havia sido prevista no projeto original do protótipo e mais tarde confirmada pelos estudos de desempenho térmico do protótipo, realizados por Morello (2005). A proposta foi desenvolvida por uma equipe que cursava a disciplina (KUHN; PROFES; ZANIN, 2005). Conforme descrito em documento ilustrativo da proposta, os alunos buscaram desenvolver um “equipamento compacto e de simples construção, que aproveitasse ao máximo o calor gerado pela biomassa, sem negligenciar o impacto estético e o benefício lúdico da visualização do fogo em chama pelos moradores. Para tanto, foram agregadas diversas funções ao **Aquecedor Multiúso**, entre elas: a de lareira, aquecendo o ambiente interno durante o inverno, a de aquecedor de água para banho e as de forno e fogão”.

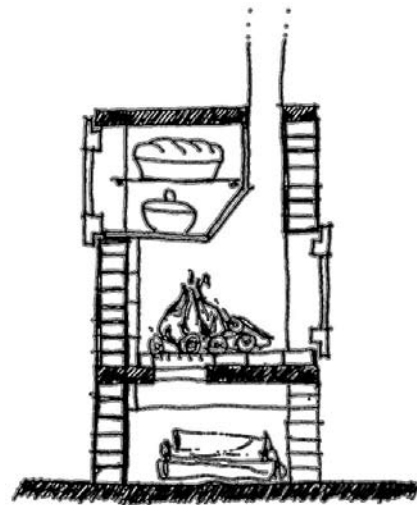


Figura 169 – O aquecedor multiúso

8.1.3.2 Descrição do funcionamento do aquecedor multiúso

As atividades domésticas em torno do forno/fogão e da lareira desenvolvem-se em faces laterais opostas do aquecedor multiúso, permitindo que ele sirva, também, como um divisor de ambientes, já que as restrições econômicas impostas aos projetos de habitações populares induziram à elaboração de uma tipologia com um ambiente comum para sala e cozinha. Apesar de ter sido desenvolvido para um protótipo de habitação popular, o aquecedor apresenta inúmeros benefícios, que justificam sua utilização em qualquer outra edificação, que durante certo período do ano apresente temperaturas abaixo da zona de conforto. Apresenta maior eficiência que as lareiras tradicionais, aquece água, incorpora materiais reutilizados e impede a passagem de fumaça para o interior do ambiente, através da implementação de portas. Além disso, há a vantagem de que se atribui melhor paladar aos pratos preparados em fogões à lenha. Em síntese, ele soma às qualidades de um fogão e forno à lenha as de uma lareira eficiente e de um aquecedor de água.

Um dos princípios fundamentais do projeto foi a busca da eficiência, através da otimização do calor produzido. Assim, a primeira medida foi o fechamento da boca da fornalha, com a utilização de portas de fogões, que pudessem ser adquiridas em oficinas de reciclagem, e a criação de camadas laterais de ar, entre a parede e as chamas, colocando-se uma chapa metálica interna. Isso possibilitaria o aquecimento do recinto por radiação e convecção. As lareiras tradicionais, sem fechamento, além de deixarem passar fumaça para

dentro do ambiente, apresentam uma grande perda de calor. O acréscimo de portas aumenta em, no mínimo, 10% a eficiência do sistema (PAHL, 2003).

O ciclo de geração de calor é iniciado mediante a combustão de lenha na lareira. A liberação desse calor para o ambiente ocorre por três formas. A primeira pela radiação direta do calor, através da porta envidraçada do fogão. A segunda pela re-irradiação do calor que tenha sido absorvido pelas superfícies opacas, como as alvenarias, superfícies metálicas e outros componentes do fogão. E, por último, o fogo aquece as chapas metálicas, que, por sua vez, esquentam o ar da câmara, gerando uma circulação convectiva (Figura 170) e estabelecendo-se trocas de calor com o ambiente, com o ingresso de ar frio do recinto pelas aberturas inferiores e liberação do ar aquecido pelas superiores.

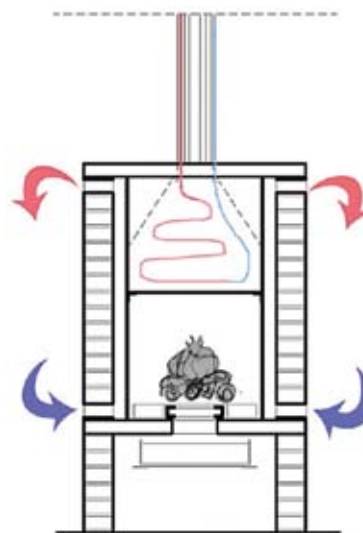


Figura 170 – Distribuição de calor pelo aquecedor multiúso

Simultaneamente, o aquecimento do fogão se dá, diretamente, através do calor das chamas na chapa de ferro fundido do fogão, e por meio do ar aquecido que sobe pela chaminé e daquele que circula pelas câmaras laterais, elevando a temperatura das chapas metálicas que circundam o forno, aquecendo seu interior.

Da mesma forma, a água fria que circula pela serpentina (tubos de cobre) é aquecida ao passar pelo interior do pirofuncional e, assim, sobe por gravidade para o reservatório, onde é armazenada a água aquecida por um coletor solar.

8.1.3.3 Descrição dos componentes do produto desenvolvido e de sua montagem

A seguir é feita a descrição, em etapas, de cada um dos componentes do fogão e é sugerida uma seqüência das etapas necessárias para a sua montagem.

Etapas de montagem

Etapa 1

As dimensões do fogão, em planta, são 83 cm x 82 cm, devendo ser instalado sobre uma área plana. Os tijolos devem ser assentados como ilustrado na Figura 171, contrafiando-os até a quarta fiada. O traço da argamassa de cimento, cal e areia deve ser 1:3:8. Após o assentamento da quarta fiada, duas barras metálicas devem ser dispostas, como ilustrado na figura, para funcionar como apoio para a gaveta de cinzas.

A seguir, deve-se assentar as fiadas seguintes, até a sexta fiada, para a colocação da laje inferior. A laje inferior deverá ser armada, conforme desenho de armadura das lajes (Figura 184), e o traço do concreto (cimento, areia e brita zero) deve ser de 1:3:6.

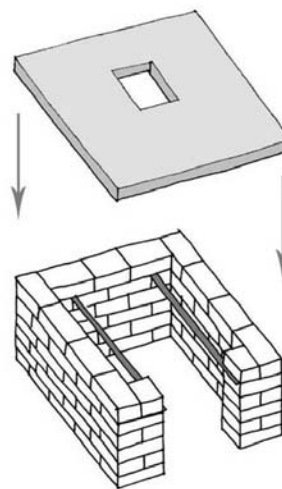


Figura 171 – Base para a laje inferior

Etapa 2

Após a colocação da laje inferior, deve ser assentada a sétima fiada de tijolos, observando que, nas paredes laterais do fogão, deverão ser deixados furos para a entrada de ar, com a utilização de tijolos cortados.

A laje deverá ser revestida com tijolos refratários, conforme a Figura 172 (e planta baixa - Figura 182), preferencialmente com argamassa refratária.

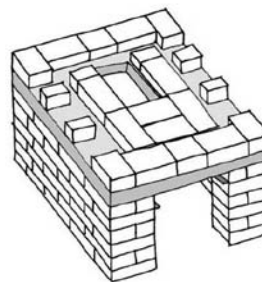


Figura 172 – Entradas de ar

Etapa 3

Após essa etapa, prossegue-se com a construção das paredes laterais e do fundo, até a 14ª fiada. Na parede frontal, deixa-se a abertura frontal da lareira. O traço da argamassa de assentamento é de 1:3:8 (cimento, cal e areia).

Na abertura, escora-se a verga para o assentamento de duas barras de ferro com argamassa.

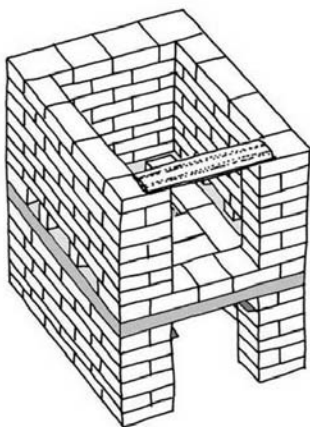


Figura 173 – Abertura frontal

Etapa 4

Assentam-se, então, as plaquetas refratárias na parede posterior interna e, em seguida, a 15ª fiada de tijolos maciços, sendo que na parede posterior (abertura forno/fogão) assentam-se somente os tijolos cortados de 9 cm nas extremidades, para deixar a abertura do forno.

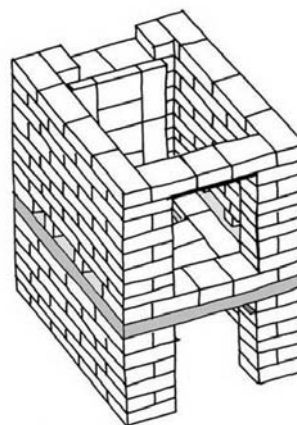


Figura 174 – Base para a laje inferior

Etapa 5

Encaixa-se a estrutura de aço (conforme desenhos 1 e 2 da Figura 192), com os tubos de cobre (serpentina para circulação de água).

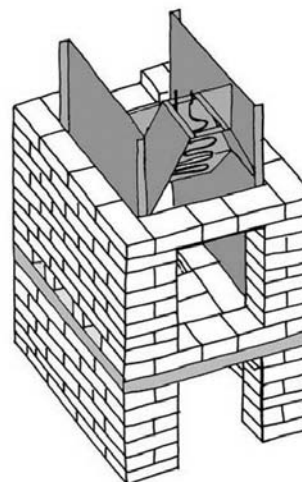


Figura 175 – Encaixe da estrutura de aço

Etapa 6

Após, encaixa-se a chapa de ferro fundido, com duas bocas na estrutura metálica, conforme a Figura 176 e a Figura 192, com a estrutura em aço e o tubo de encaixe para a chaminé.

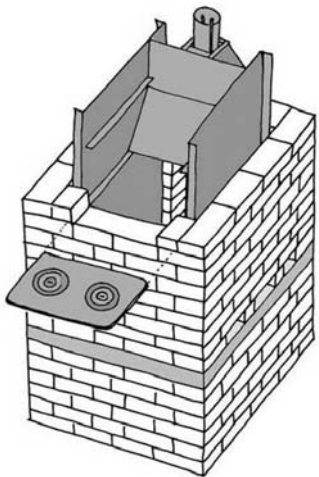


Figura 176 – Encaixe das bocas para o fogão

Etapa 7

Após a montagem da estrutura interna, assentam-se as fiadas 16 até 20, com argamassa de assentamento 1:3:8 (cimento, cal e areia). A 21ª fiada deve ser assentada da mesma maneira que a sétima fiada de tijolos, observando que, nas paredes laterais do fogão, serão criados os furos para saída de ar, através do assentamento de tijolos cortados (observar planta de fiadas).

Na parede posterior (abertura do forno/fogão), assentam-se somente os tijolos cortados, de 9 cm, nas extremidades.

A laje superior deve ser construída conforme armadura (ver planta de detalhes), e o traço do concreto deve ser de 1:3:6, respectivamente: cimento, areia e brita zero. Encaixam-se, então, as grelhas de forno na estrutura de aço.

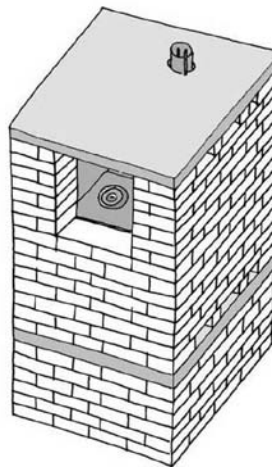


Figura 177 – Laje superior

Etapa 8

Por fim, encaixa-se a gaveta, na abertura inferior, sobre as barras, e parafusam-se as portas das duas aberturas nos tijolos maciços. Para finalizar a montagem, encaixa-se o tubo para a chaminé e o tubo de cobre (serpentina), que será conectado ao reservatório de água.

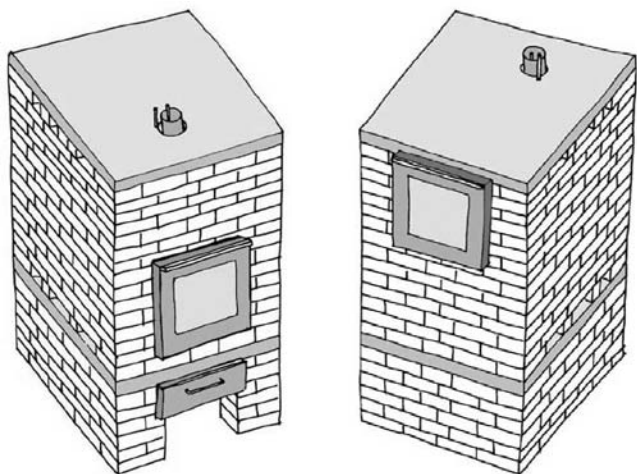


Figura 178 – Vistas anterior e posterior do pirofuncional

8.1.3.4 Detalhes técnicos de construção

Desenhos Técnicos

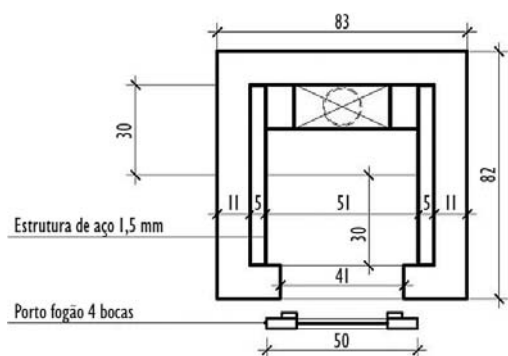


Figura 179 – Planta do fogão

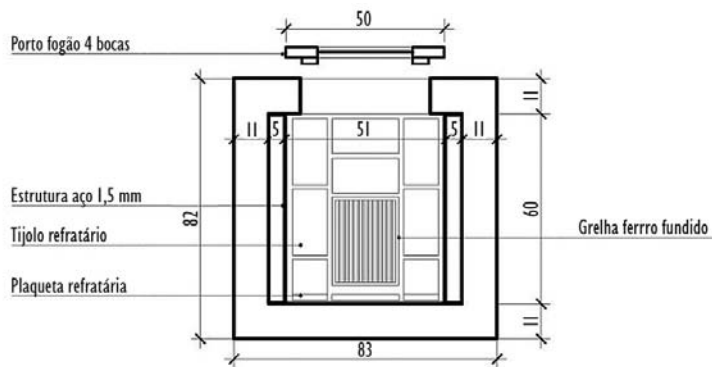
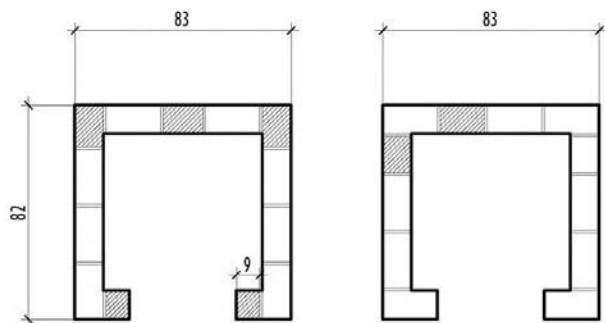
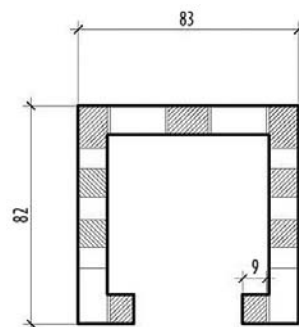


Figura 180 – Planta da lareira



■ tijolos cortados

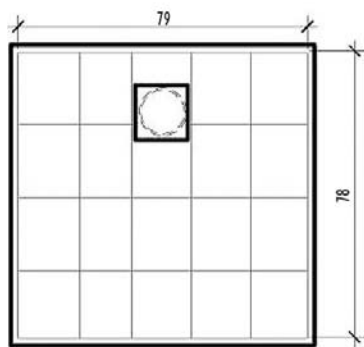
Figura 181 – Fiadas pares
Observação: os tijolos marcados sofreram corte.



■ tijolos cortados

Figura 182 – Fiadas com vazios

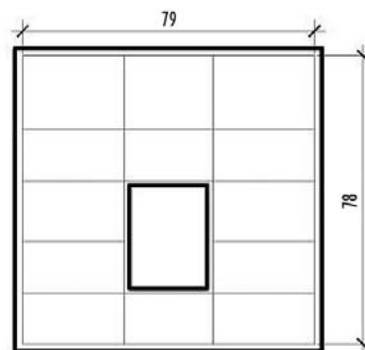
Desenhos Técnicos



Laje superior

Figura 183 – Planta laje superior

4 N1 d 6.3 79
6 N2 d 6.3 78
2 N3 d 6.3 35



Laje inferior

Figura 184 – Planta laje inferior

5 N4 d 6.3 79
4 N5 d 6.3 78
2 N6 d 6.3 28

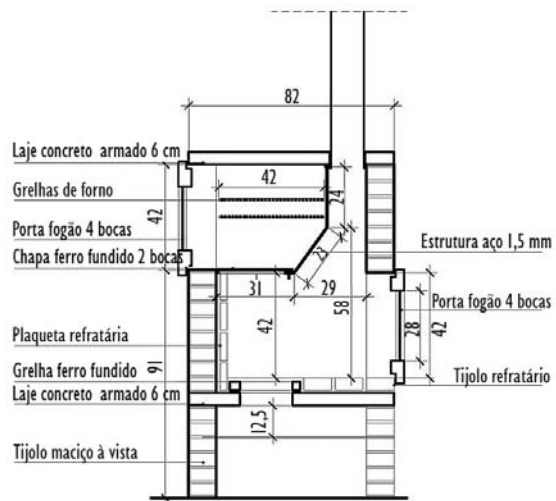


Figura 185 – Corte 1

Desenhos Técnicos

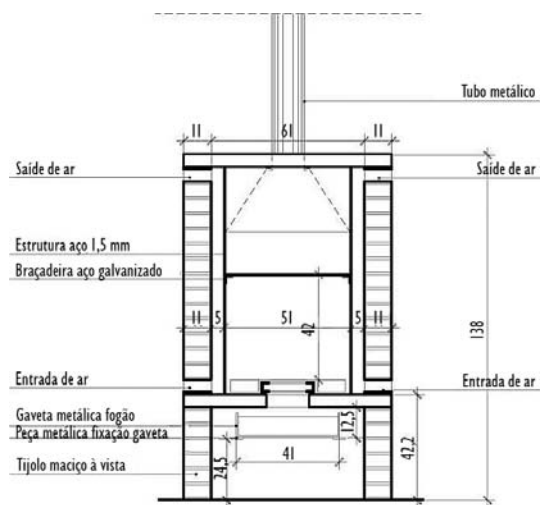


Figura 186 – Corte 2

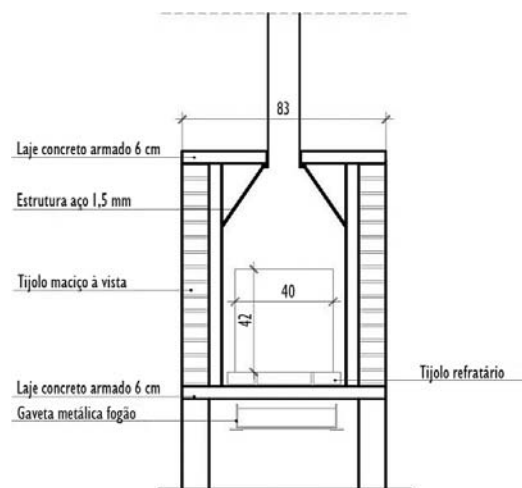


Figura 187 – Corte 3

Desenhos Técnicos

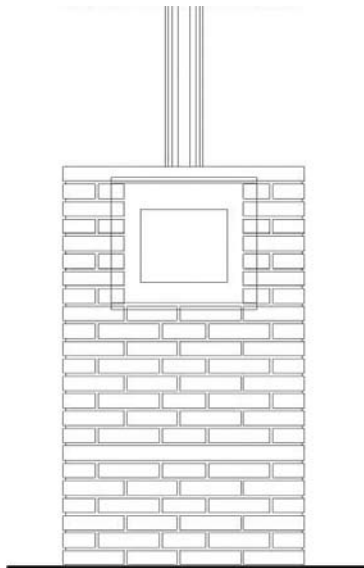


Figura 188 – Vista do fogão

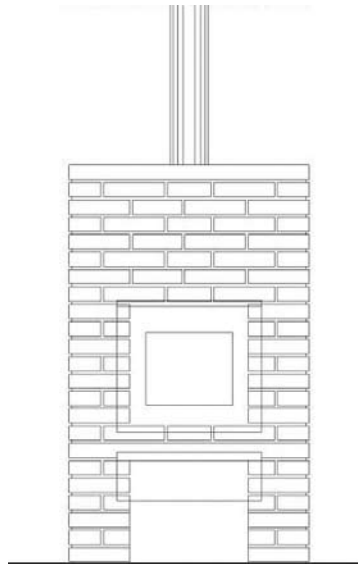


Figura 189 – Vista da lareira

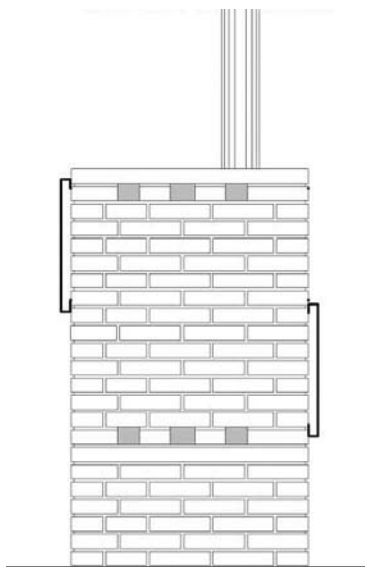


Figura 190 – Vista lateral



Figura 191 – Portas reutilizadas

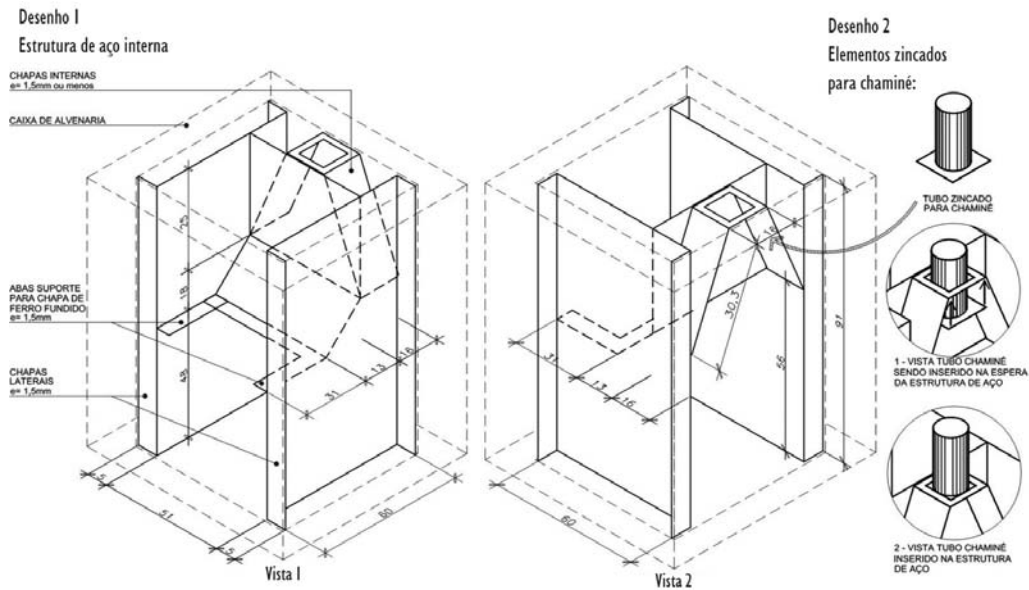


Figura 192 – Estrutura de aço interna

Ambientação do protótipo com a inserção do pirofuncional

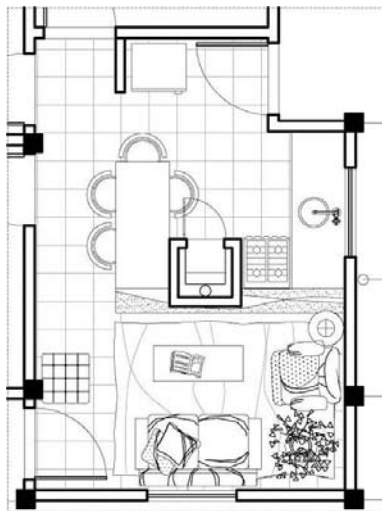


Figura 193 – Planta protótipo *layout*

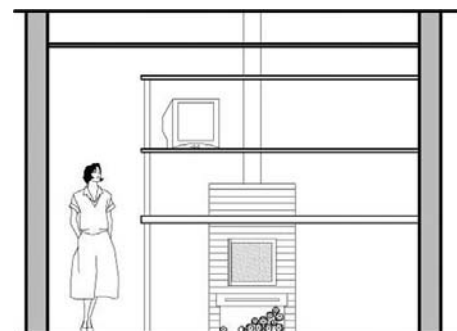


Figura 194 – Corte protótipo *layout*

Tabela 12 – Materiais utilizados e orçamento do aquecedor multiúso

Materiais e Orçamento				
Material (para fogão e reservatório)	Quantidade	Dimensões	Custo unitário ¹	Custo total ¹
Chapa de ferro fundido com duas bocas	1 un.	30 x 50 cm	75,00	75,00
Estrutura de aço (1,5 mm)	1 un.	ver desenho 1	280,00	280,00
Elementos de zinco para chaminé	1 un.	ver desenho 2	78,00	78,00
Gaveta usada fogão 4 bocas	1 un.	40 x 11 cm ²	20,00	20,00
Grelha de ferro fundido	1 un.	21 x 28 cm	29,70	29,70
Grelha usada de forno fogão 4 bocas - para forno	2 un. ³	51 x 42 cm	5,00	10,00
Lajes e argamassa (segundo detalhamento e traços) ⁴ :				
Barras aço Ø 6,3 mm	16,26 m	-	11,48 (12 m)	15,56
Cimento	25,17 kg	-	16,9 (50 kg)	8,51
Cal em pó	23,78 kg	-	5,65 (20 kg)	6,72
Areia média	0,15 m ³	-	26,68 (m ³)	4,01
Brita zero	0,07 m ³	-	45,55 (m ³)	3,19
Porta usada de fogão de 4 bocas	2 un.	50 x 42 cm	-	35,00
Tijolos maciços	278 un.	21 x 11 x 5 cm	0,25	69,50
Tijolos refratários 0,7	10 un.	21 x 11 x 5 cm	1	10,00
Tubos de cobre	8 m	variável ⁵	4,25	34,00
Braçadeira galvanizada de 1"	12 un.	-	0,15	1,80
Tonel metálico	1 un.	220 L	20,00	20,00
TOTAL				709,39

¹ valores correspondentes a julho de 2005² dimensões aproximadas³ pode-se optar pela utilização de apenas uma grade para forno⁴ quantidades úteis, sem considerar perdas⁵ comprimento depende da distância do fogão ao reservatório

8.2 O protótipo Casa Alvorada: avaliação do projeto

Diversos estudos foram realizados por alunos do NORIE no sentido de estimar o provável desempenho do protótipo. Alguns desses estudos fizeram uso de ferramentas de projeto, algumas recomendadas em Normas Técnicas, outras disponibilizadas pelo meio técnico (numéricas ou gráficas), e são apresentados a seguir (MORELLO; BEVILACQUA; GRIGOLETTI, 2004).

8.2.1 Relações entre perímetro, área de piso, envoltória e volume

Uma maneira de relacionar tipologias construtivas com desempenho, em termos de conforto térmico ou ganhos energéticos nas edificações, é a utilização do *Índice de Compacidade*. Esse índice relaciona a área do piso da edificação com o perímetro da envolvente dela. Considera-se como parâmetro de comparação o círculo, que é a figura geométrica que encerra a maior área com o menor perímetro possível.

Também se podem utilizar outras relações para identificar vantagens ou desvantagens na questão energética relacionando o volume da edificação com a superfície do piso, ou com a área do envelope da edificação. A relação entre superfície e volume (RSV) se estabelece a partir da superfície da envolvente exterior do edifício e do volume contido pela mesma. Essa relação permite comparar distintas formas de edifícios, no que se refere à menor superfície contendo o maior volume possível.

Sabe-se que as trocas térmicas de um edifício com o exterior são proporcionais à superfície de sua envoltória ou envelope. Como consequência, quanto mais compacto é o edifício (baixa RSV), menores serão as trocas térmicas com o exterior, o que é desejável tanto para uma situação de clima frio (ou de inverno, com baixas temperaturas) como de clima quente. Nessa relação (superfície/volume), leva-se em conta apenas a superfície exterior, que está mais exposta às variações de temperatura e ventos, ou seja, não se considera o piso.

A RSV expressa, por exemplo, a capacidade de retenção de calor no interior do edifício de forma parcial, pois outros aspectos irão influenciar a retenção de calor no interior da edificação, como, por exemplo, a resistência térmica de paredes e coberturas e a quantidade de aberturas ou superfícies envidraçadas.

8.2.1.1 Índice de compacidade

A análise do *Índice de Compacidade* busca verificar aspectos econômicos ligados ao envelope da edificação e sua área. Da análise qualitativa, observa-se que os recortes no volume, que originaram os alpendres frontal e lateral, não trouxeram nenhum benefício instrumental à edificação.

O Índice de Compacidade é um valor adimensional que relaciona a área de piso e o perímetro que define esta área, para a figura geométrica (planta baixa da edificação) que está sendo analisada, com a área e perímetro de um círculo que contém a mesma área da figura geométrica em questão. Quanto mais próxima essa relação estiver da unidade, melhor será

seu Índice de Compacidade, ou seja, tanto maior será a área contida em determinado perímetro (MASCARÓ, 1998). Quanto mais próximo tal valor estiver da unidade, maior será o volume contido por certa superfície externa. Do ponto de vista de economia em área de envolvente de edificação, isso certamente é desejável, principalmente em se tratando de uma edificação de interesse social, onde aspectos econômicos têm grande relevância.

No projeto original, o perímetro formado pelas paredes da Casa Protótipo Alvorada é igual a 27,50 m e contém uma área igual a 41,89 m². Para conter essa mesma área seria necessário um raio de:

$$41,89 = \pi R^2 \Rightarrow R = 3,65 \text{ m}$$

Já o perímetro externo de um círculo ($2\pi R$) com raio igual a 3,65 m é igual a 22,93 m.

Dividindo-se esse valor pelo perímetro do protótipo, tem-se o **índice de compacidade da edificação**.

Índice de compacidade do protótipo original:
 $22,93 \div 27,50 = 0,83$.

8.2.1.2 Índice de compacidade volumétrico

Na análise do Índice de Compacidade Volumétrico, considera-se como parâmetro comparativo a figura geométrica da semi-esfera, a qual apresenta a menor área exposta para determinado volume.

No projeto original, o volume contido pelo envelope construtivo é igual a 163,6 m³, com uma superfície exposta de paredes e telhado igual a 141,16 m².

Para conter esse mesmo volume em uma semi-esfera, seria necessário que ela possuísse um raio igual a:

$$163,6 = (2\pi R^3)/3 \Rightarrow R = 4,27 \text{ m}$$

Com esse raio, uma semi-esfera teria uma área exposta igual a 114,56 m².

Dividindo-se esse valor pela área exposta do protótipo, tem-se o **índice de compacidade** volumétrico da edificação: $114,56 \div 141,16 = 0,81$.

8.2.1.3 Relação entre superfície envolvente e superfície do piso – RSSP

O índice RSSP, que dá uma idéia da utilização do espaço, através da relação da envolvente com a área do piso, indica a semi-esfera como o volume mais eficiente. No entanto, se for considerada a colocação de um mezanino no protótipo Casa Alvorada, dentro do mesmo espaço, essa relação chega a 1,59, portanto mais eficiente que a situação da semi-esfera, que tem a relação RSSP de 1,99.

Considerando o protótipo sem o mezanino, a relação RSSP é de 2,22, maior que a relação RSSP do protótipo com o mezanino, de 1,59. Fica claro, pois, nessa relação, a vantagem na ocupação do espaço (área do piso) e sua envolvente.

Também, deve-se considerar que a funcionalidade e a ocupação do espaço projetado, principal objetivo da construção, são mais eficientes no protótipo com o mezanino do que na semi-esfera. O Quadro 30 mostra uma relação entre diferentes soluções construtivas e aquela adotada para o PCA.

	<p>SITUAÇÃO 1 - CUBO</p> <p>VOLUME TOTAL: 128,61 m³ ÁREA DO PISO: 25,50 m² ÁREA DA ENVOLVENTE: 102,01 m²</p> <p>RSV = 0,79 m²/m³ RSSP = 4,00</p>
	<p>SITUAÇÃO 2 - CILINDRO</p> <p>VOLUME TOTAL: 128,61 m³ ÁREA DO PISO: 24,04 m² ÁREA DA ENVOLVENTE: 92,78 m²</p> <p>RSV = 0,72 m²/m³ RSSP = 3,85</p>
	<p>SITUAÇÃO 3 - SEMI-ESFERA</p> <p>VOLUME TOTAL: 128,61 m³ ÁREA DO PISO: 49,02 m² ÁREA DA ENVOLVENTE: 98,03 m²</p> <p>RSV = 0,76 m²/m³ RSSP = 1,99</p>
	<p>SITUAÇÃO 4 - PROTÓTIPO SEM O MEZANINO</p> <p>VOLUME TOTAL: 128,61 m³ ÁREA DO PISO: 38,39 m² ÁREA DA ENVOLVENTE: 85,43 m²</p> <p>RSV = 0,66 m²/m³ RSSP = 2,22</p>
	<p>SITUAÇÃO 5 - PROTÓTIPO COM O MEZANINO</p> <p>VOLUME TOTAL: 128,61 m³ ÁREA DO PISO: 55,91 m² ÁREA DA ENVOLVENTE: 89,09 m²</p> <p>RSV = 0,69 m²/m³ RSSP = 1,59</p>

8.2.1.4 Considerações a respeito do índice de compacidade e RSSP

No estudo do Índice de Compacidade, o PCA apresentou resultados satisfatórios. Isso já era esperado, visto que a forma em planta e o volume do projeto apresentam dimensões muito próximas do quadrado e do cubo, respectivamente.

Também, devemos considerar que a funcionalidade e a ocupação do espaço projetado, principal objetivo da construção, é mais eficiente no protótipo com o mezanino do que em uma construção com formato de semi-esfera.

Conclui-se, portanto, que a incorporação do mezanino no protótipo é uma solução viável e vantajosa, com o aumento de área útil para a habitação e com pequenos acréscimos construtivos. Ademais, também observando as análises efetuadas adiante, verifica-se que proporciona indicadores satisfatórios em relação às áreas construídas, volumes, envolventes e desempenho térmico.

8.2.2 Análise do dimensionamento das aberturas de iluminação e ventilação do protótipo Casa Alvorada

Diante da facilidade de consulta ao Código de Edificações da Cidade de Santa Maria por parte de alguns alunos do NORIE (MORELLO; BEVILACQUA; GRIGOLETTI, 2004), foi realizada uma comparação entre as dimensões dos compartimentos existentes no Protótipo Casa Alvorada, bem como entre as dimensões das respectivas janelas e aquelas constantes nesse Código. A discussão a respeito é apresentada a seguir.

8.2.2.1 Padrões para vãos de ventilação e iluminação

O artigo 91 do Código de Edificações de Santa Maria estabelece que a área total dos vãos voltados para o exterior, destinados à iluminação e à ventilação dos compartimentos, não deverá ser inferior a uma fração da área de piso, conforme se segue. Para a iluminação dos compartimentos de uma edificação de uso residencial, são estabelecidos vãos equivalentes a 1/6 da área do piso e, para ventilação, a 1/12 do piso.

Realizando a comparação com os vãos do protótipo, obtém-se:

Dormitório da frente (janelas na face norte)

Dimensões da janela inferior 1,13 m x 1,13 m

Área = 1,27 m²

Dimensões da janela superior 1,47 m x 0,43 m

Área = 0,63 m²

Área total, superior + inferior = 1,90 m²

Área exigida pelo Código de Edificações: 1/6 da área do piso (8,10 m²)

Área exigida = 1,35 m²

Portanto, (1,90 m² > 1,35 m²) satisfaz o Código de Edificações de Santa Maria.

Dormitório dos fundos (janela na face leste)

Dimensões da janela 1,07 m x 1,12 m

Área = 1,19 m²

Área exigida pelo Código de Edificações: 1/6 da área do piso de 8,10 m²

Área exigida = $1,35 \text{ m}^2$

Portanto, ($1,19 \text{ m}^2 < 1,35 \text{ m}^2$) não satisfaz o Código de Edificações de Santa Maria.

Sala de estar e cozinha (janelas nas faces norte e oeste)

Dimensões da janela inferior $1,13 \text{ m} \times 1,13 \text{ m}$

Área = $1,27 \text{ m}^2$

Dimensões da janela superior $1,47 \text{ m} \times 0,43 \text{ m}$

Área = $0,63 \text{ m}^2$

Dimensões da janela da cozinha $1,09 \text{ m} \times 0,88 \text{ m}$

Área = $0,95 \text{ m}^2$

Área total, inferior + superior + cozinha = $2,85 \text{ m}^2$

Área exigida pelo Código de Edificações: $1/6$ da área do piso de $15,90 \text{ m}^2$

Área exigida = $2,65 \text{ m}^2$

Portanto, ($2,85 \text{ m}^2 > 2,65 \text{ m}^2$) satisfaz o Código de Edificações de Santa Maria.

Banheiro (janela na face oeste)

Dimensões da janela inferior $0,75 \text{ m} \times 0,35 \text{ m}$

Área = $0,26 \text{ m}^2$

Área exigida pelo Código de Edificações: $1/12$ da área do piso de $4,52 \text{ m}^2$

Área exigida = $0,37 \text{ m}^2$

Portanto, ($0,26 \text{ m}^2 < 0,37 \text{ m}^2$) não satisfaz o Código de Edificações de Santa Maria.

Segundo o Código de Edificações da Cidade de Pelotas, a área mínima exigida para esse tipo de ambiente deve ser de $0,40 \text{ m}^2$. Dessa forma, as dimensões dessa abertura deveriam ser aumentadas para satisfazer as condições mínimas exigidas pelos Códigos de Edificações.

Outras exigências, em relação aos dispositivos de iluminação e ventilação natural, são a colocação de dispositivos de proteção térmica e luminosa nos compartimentos principais, quando com área superior a 40% da parede onde estiverem localizados e, obrigatoriamente, nos espaços destinados a dormitórios.

Na habitação analisada, essa exigência não se faz necessária, uma vez que a dimensão dos vãos são inferiores a 40% da dimensão das paredes. No entanto, deve-se considerar, também, que apenas o dormitório dos fundos está equipado com veneziana para proteção térmica e luminosa. No dormitório da frente, as janelas não possuem proteção efetiva, satisfazendo apenas parcialmente a exigência do Código de Edificações.

Com relação ao posicionamento das vergas dos vãos, o Código estabelece uma altura máxima de $1/7$ do pé-direito. Nesse caso, todas as vergas, com exceção das aberturas superiores, estão em desacordo com o Código. No caso do protótipo, em que o pé-direito tem altura variável, crescente, as aberturas deveriam ter altura superior às dimensões mínimas exigidas para iluminação e ventilação. O objetivo maior no posicionamento da verga é a possibilidade de melhor ventilação das partes altas do compartimento. Essa alternativa está presente no projeto do

protótipo, pois a diferença de pé-direito e a colocação de aberturas na parte mais elevada da parede frontal tinham como objetivo proporcionar uma ventilação mais eficiente.

8.2.2.2 Considerações finais sobre a avaliação das dimensões das esquadrias do protótipo Casa Alvorada

As dimensões mínimas exigidas pelo Código de Edificações de Santa Maria não resultam de estudos locais mais acurados. Nesse sentido, é sabido que grande parte dos Códigos de Edificações de nossos municípios são resultados de cópias de outros Códigos, não estando embasados em pesquisa do ambiente e em especificidades locais.

Deve-se assinalar, também, que o protótipo não teve estudos mais aprofundados no dimensionamento das aberturas externas e buscou se adequar às dimensões oferecidas por um dos poucos fabricantes de esquadrias que utilizava madeiras de reflorestamento no Rio Grande do Sul (uma das estratégias perseguidas na construção do PCA). Isso acabou determinando uma configuração que prejudica a eficiência de iluminação e ventilação.

8.2.3 Incidência de radiação solar direta e condições de sombreamento das superfícies externas da edificação

A análise de incidência da radiação solar direta e condições de sombreamento das diferentes superfícies da edificação foi realizada (MORELLO; BEVILACQUA; GRIGOLETTI, 2004) a partir de dados obtidos com simulação, através do programa Luz do Sol. O

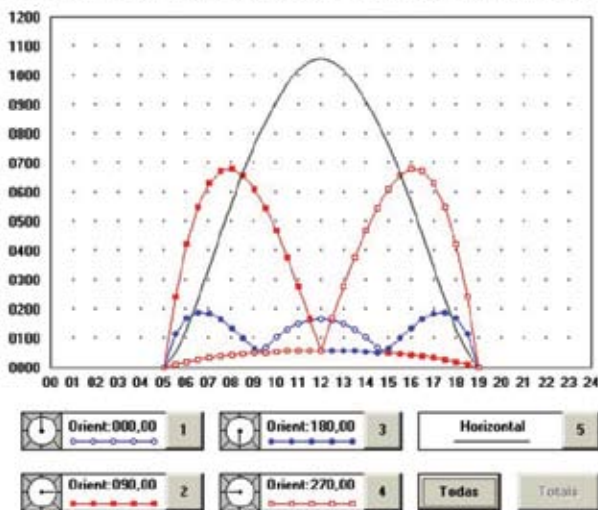
programa Luz do Sol gera gráficos com radiações solares diretas horárias e tabelas com tais dados, para cada uma das quatro orientações, para datas escolhidas a partir da latitude do local. Os mesmos autores criaram uma maquete tridimensional do protótipo, através dos programas AutoCAD 14 e 3DStudio R4. Após, os modelos foram exportados para o programa SketchUp, no qual foram realizadas as simulações para a verificação do sombreamento de aberturas e fachadas da edificação, em diferentes épocas do ano e horários do dia, com o objetivo de verificar a eficiência dos elementos projetados para esse fim (beirais, pergolados, etc.).

Foram simuladas quatro datas: solstícios de verão e inverno (21 de dezembro e 21 de junho), equinócios de primavera e outono (21 de setembro e 21 de março), para a latitude de Porto Alegre (aproximadamente 30° sul). As simulações foram realizadas considerando dias de céu claro e para as quatro orientações - norte, leste, sul e oeste - e planos horizontais, correspondentes às orientações dos fechamentos laterais e cobertura, da edificação analisada. São apresentados, a seguir, os resultados dessas simulações bem como comentários e observações a respeito de cada uma.

8.2.3.1 Condições de insolação e sombreamento no protótipo para o solstício de verão

A Figura 195 mostra a radiação solar ou energia radiante incidente sobre as quatro orientações de paredes da edificação e para o plano horizontal, em diferentes horários do dia, para o solstício de verão (21 de dezembro). Na Tabela, “0” corresponde ao norte, “90” corresponde ao leste, e assim sucessivamente.

Radiação Solar (Wh/m²) - Latitude:- 30,00 Nebulosidade: 00,0 Dia:21 Dez



Radiação Solar (Wh/m²) - Latitude:- 30,00 Nebulosidade: 00,0 Dia:21 Dez							
	0	90	180	270	COB	TOTAL	
05,03	0	0	0	0	0	0	0
05,53	12	243	114	12	51	432	
06,03	21	424	171	21	132	768	
06,53	28	551	190	28	233	1029	
07,02	34	632	184	34	344	1228	
07,52	39	673	164	39	457	1371	
08,02	43	679	134	43	567	1466	
08,52	46	657	100	46	669	1518	
09,01	49	611	66	49	761	1536	
09,51	70	546	52	52	842	1562	
10,01	102	468	54	54	913	1592	
10,51	129	378	56	56	972	1591	
11,00	150	278	57	57	1018	1561	
11,50	162	171	58	58	1047	1497	
12,00	167	59	59	59	1058	1400	
12,50	162	58	58	171	1047	1497	
13,00	150	57	57	278	1018	1561	
13,49	129	56	56	378	972	1591	
13,99	102	54	54	468	913	1592	
14,49	70	52	52	546	842	1562	
14,99	49	49	66	611	761	1536	
15,48	46	46	100	657	669	1518	
15,98	43	43	134	679	567	1466	
16,48	39	39	164	673	457	1371	
16,98	34	34	184	632	344	1228	
17,47	28	28	190	551	233	1029	
17,97	21	21	171	424	132	768	
18,47	12	12	114	243	51	432	
18,97	0	0	0	0	0	0	

Figura 195 – Valores de radiação solar, em Wh/m², segundo o programa Luz do Dia, para as quatro orientações, para a data de 21 de dezembro

A Figura 195, à esquerda, mostra os dados em forma de gráfico. Dos dados apresentados, observa-se que a maior incidência de irradiação, no dia de 21 de dezembro, extensível aos meses quentes do ano (dezembro a março, incluindo o dia 21 de março, cujos resultados são mostrados adiante), ocorre sobre os planos verticais orientados a leste e oeste, nos períodos manhã e tarde, respectivamente, e sobre o plano horizontal. Na figura, “000,00” corresponde ao Norte, “090,00” corresponde ao leste, e assim sucessivamente.

Comentários

Ganhos térmicos - O controle do ganho térmico pelas paredes da edificação foi parcialmente contemplado através do sombreamento da parede

oeste, com o uso de pérgola, com vegetação de folhas caducas e com a orientação das águas da cobertura a norte e sul, com a maior delas orientada para o sul. O uso de pérgola com vegetação de folhas caducas poderia ser estendido, também, à fachada leste (quando houver espaço para tal), que contém as paredes dos dormitórios, uma vez que tais ambientes podem ser usados pela manhã. O fato de haver incidência de radiação solar direta sobre tais fechamentos pode tornar o uso de tais compartimentos desconfortáveis no período de verão.

Iluminação natural - Do ponto de vista da iluminação natural, a fachada norte será a que melhor contribuição trará para a captação da luz, permitindo, ainda, um fácil controle da incidência direta do

sol, se forem acrescentados elementos horizontais apostos à fachada. Tais controles permitiriam que ambientes orientados para o norte possam ter múltiplas funções, tais como descanso, leitura, atividades manuais, etc. Já as fachadas leste e oeste exigirão o uso de proteções verticais, paralelas à fachada, nos períodos da manhã e tarde, respectivamente, para o controle de ganhos térmicos, o que influenciará negativamente na disponibilidade de luz natural no interior da edificação. A fachada sul, por estar voltada para uma orientação onde a distribuição de luz natural é a mais uniforme no decorrer do dia, adapta-se bem a atividades que exijam disponibilidade de luz natural, sem incidência direta do sol, na maior parte do dia, tais como atividades de leitura e trabalhos manuais. No entanto, tal orientação pode gerar desconforto térmico no período de inverno, por ser a orientação de onde provém os ventos frios dessa estação (UBER, 1992, p. 84).

Na Figura 196 são apresentadas as imagens do protótipo Casa Alvorada, geradas pelo programa SketchUp, para o solstício de verão em Porto Alegre.

Observa-se que o sol nasce a sudeste e se põe a sudoeste. Dessa forma, a fachada norte recebe insolação somente a partir das 10h00 da manhã. Percebe-se, também, que os beirais de 80 cm sombreiam praticamente toda a superfície da parede norte e, por conseguinte, suas esquadrias. Esse resultado já era esperado, visto que os beirais foram dimensionados para impedir a incidência direta de raios solares, no período de verão.

A única janela do protótipo Casa Alvorada voltada para leste está localizada no dormitório dos fundos e possui venezianas para o controle da incidência solar.

Entretanto, durante o verão, caberá ao usuário do protótipo controlar esse mecanismo, de forma a permitir a entrada de um mínimo de iluminação, bloqueando a entrada de radiação solar no período da manhã.

A janela da fachada oeste recebe a maior parte da radiação solar do período da tarde. O pergolado, sem as parreiras, não representa um elemento de sombreamento efetivo, devido à sua esbelteza.

A fachada sul recebe insolação até às 9h00, durante o período da manhã, e das 16h00 em diante, no período da tarde. No entanto, como não existem janelas voltadas para essa orientação não se faz necessária a adoção de elementos de sombreamento.

8.2.3.2 Condições de insolação e sombreamento no protótipo para o solstício de inverno

A Figura 197 mostra a radiação solar incidente sobre as paredes da edificação, para cada uma das quatro orientações, em diferentes horários do dia, para o **solstício de inverno** (21 de junho).

Comentários

Ganhos térmicos - Para a situação simulada, que representa o período do ano mais frio (entre abril e setembro aproximadamente, incluindo o dia 21 de setembro, cujos resultados são mostrados ao final), verifica-se que a maior incidência de radiação ocorre sobre as superfícies voltadas para norte e sobre a horizontal. Neste período, é desejável a captação da radiação solar, para proporcionar o aquecimento interno da edificação. Aberturas maiores para a orientação norte, com possibilidade de sombreamento no verão (o que pode ser facilmente conseguido através do bei-

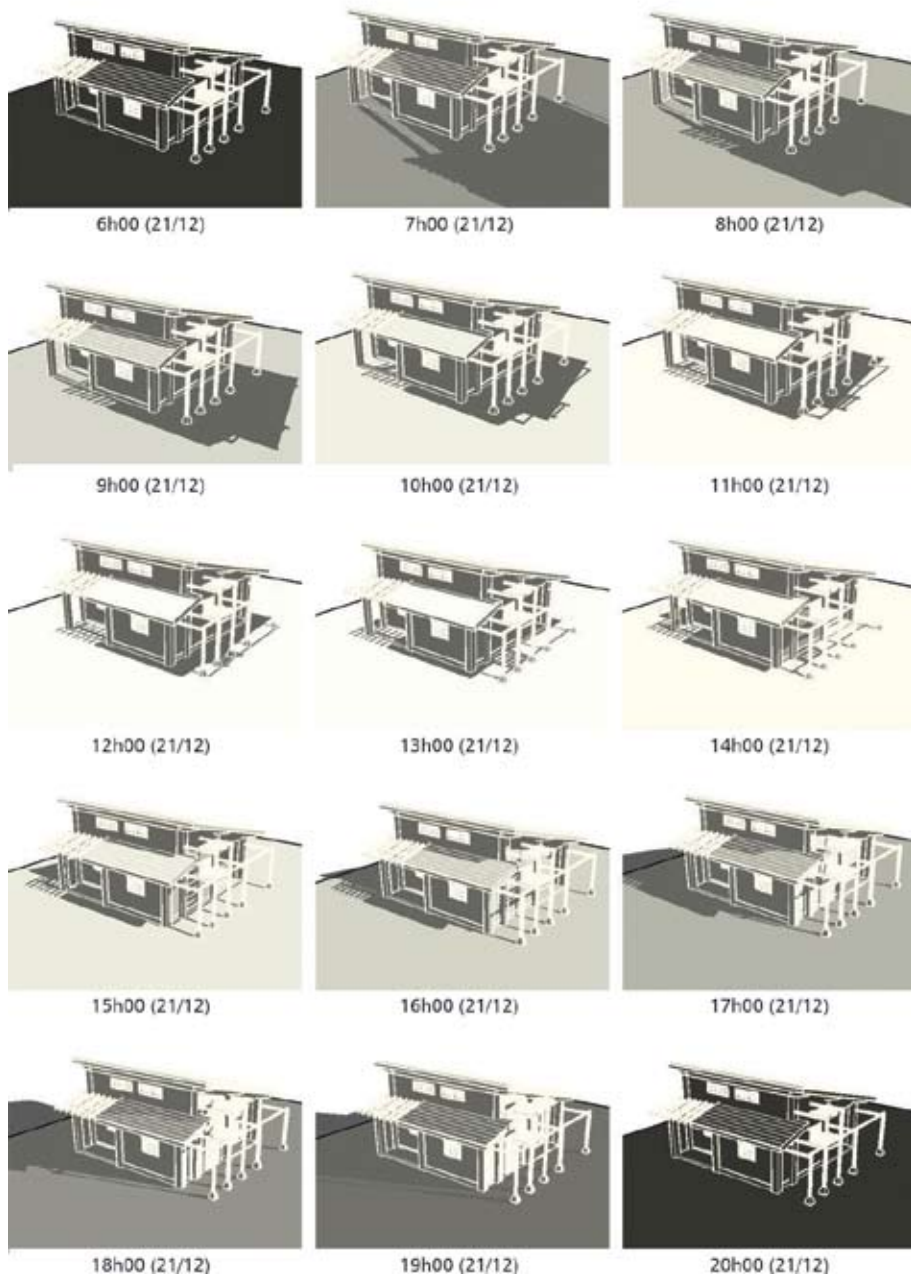
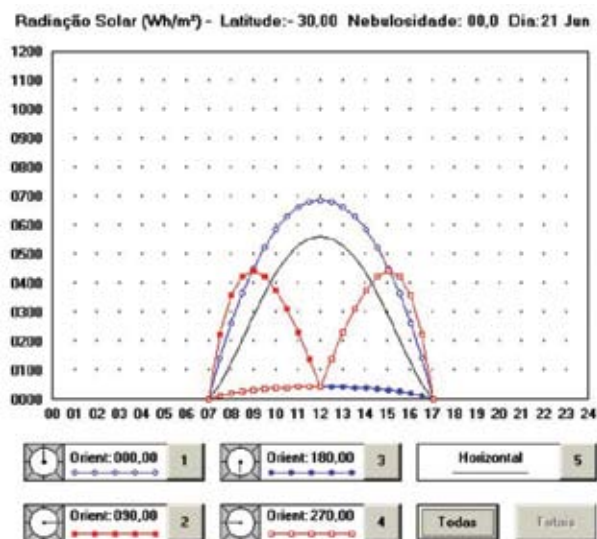


Figura 196 – Simulação do sombreamento das fachadas no protótipo (21/12)



Radiação Solar (Wh/m²) - Latitude: -30,00 Nebulosidade: 00,0 Dia: 21 Jun						
	0	90	180	270	COB	TOTAL
06,97	0	0	0	0	0	0
07,47	141	224	12	12	49	438
07,97	261	356	20	20	122	779
08,48	364	423	26	26	205	1045
08,98	451	442	31	31	289	1244
09,48	525	424	35	35	367	1385
09,99	584	378	38	38	435	1472
10,49	629	311	40	40	490	1509
10,99	661	229	41	41	530	1503
11,50	680	138	42	42	554	1457
12,00	686	43	43	43	563	1377
12,50	680	42	42	138	554	1457
13,01	661	41	41	229	530	1503
13,51	629	40	40	311	490	1509
14,01	584	38	38	378	435	1472
14,52	525	35	35	424	367	1385
15,02	451	31	31	442	289	1244
15,52	364	26	26	423	205	1045
16,03	261	20	20	356	122	779
16,53	141	12	12	224	49	438
17,03	0	0	0	0	0	0
TOTAL	9277	3254	613	3254	6644	23042

Figura 197 – Valores de radiação solar, em Wh/m², nas quatro orientações, em 21 de junho

ral da cobertura) e com possibilidade de fechamento ou obscurecimento à noite (com o uso de gelsias, venezianas, etc.), para evitar perdas neste período do dia, contribuiriam para o bom desempenho da edificação, no que diz respeito a aspectos térmicos.

Iluminação natural - Em relação à iluminação natural, nota-se, novamente, que a fachada sul é a que menos recebe radiação solar direta, tornando esta fachada fria, porém adequada para o desenvolvimento de tarefas visuais, que exijam uniformidade de iluminação no decorrer do dia. Já as fachadas leste e oeste, da mesma forma que para condições de verão, serão banhadas pelo sol, na parte da manhã e na parte da tarde, respectivamente. Isso faz com que o interior de ambientes com aberturas voltadas para tais fachadas recebam luz direta do sol, o que, a depender das atividades a serem desen-

volvidas no interior de tais compartimentos, poderá não ser confortável.

Na Figura 198, podem ser visualizadas as imagens geradas para o solstício de inverno em Porto Alegre, com a fachada frontal voltada para o norte. As vistas apresentadas mostram as fachadas norte e oeste. Deve-se ressaltar que não foram consideradas as obstruções externas existentes no terreno da implantação (árvores ou outras edificações), podendo estas se constituir em significativos elementos de sombreamento das fachadas.

Nas imagens da Figura 198 é possível verificar que, para o solstício de inverno, o período de insolação das janelas localizadas na fachada norte inicia-se entre as 7h00 e as 8h00 da manhã e se prolonga até pouco antes das 18h00. Durante a tarde, a janela da sala/cozinha passa a receber insolação a partir das

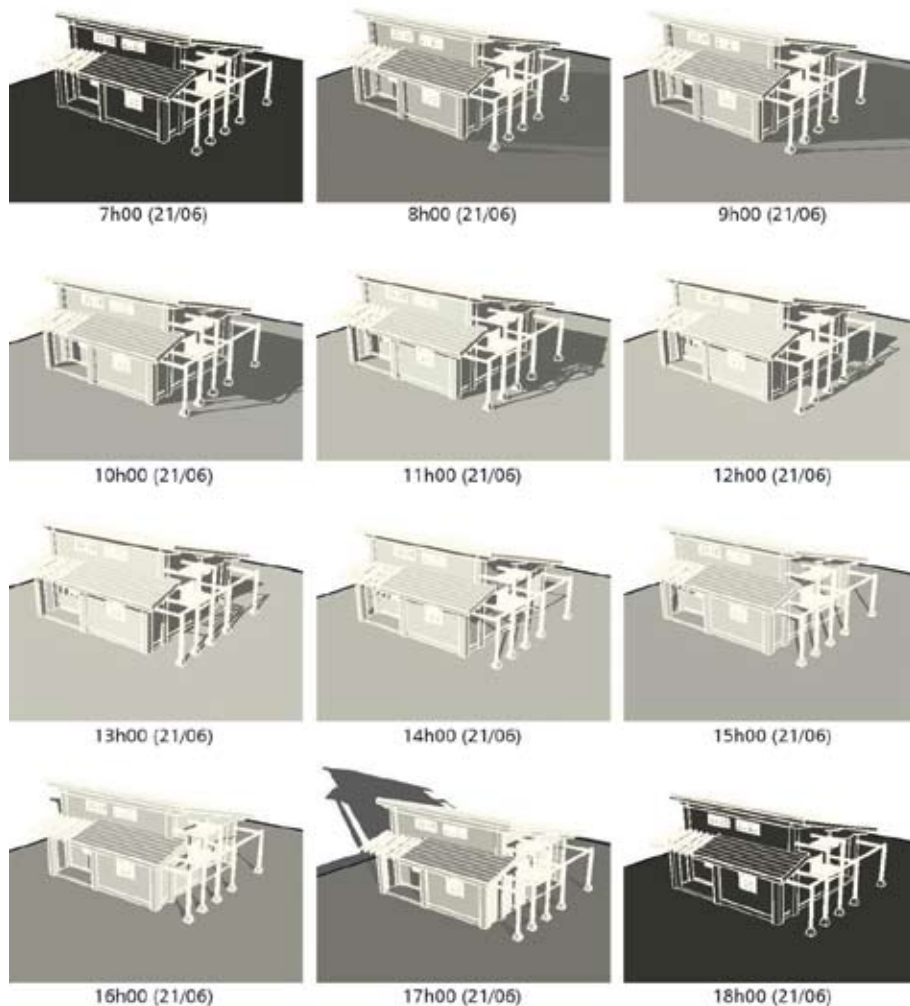
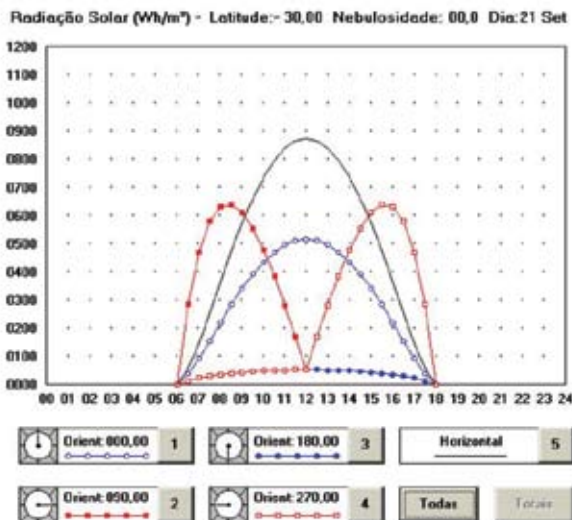


Figura 198 – Simulação do sombreamento das fachadas no protótipo (dia 21/06)

13h00 e fica apenas parcialmente sombreada pelo pergolado de troncos da fachada oeste.

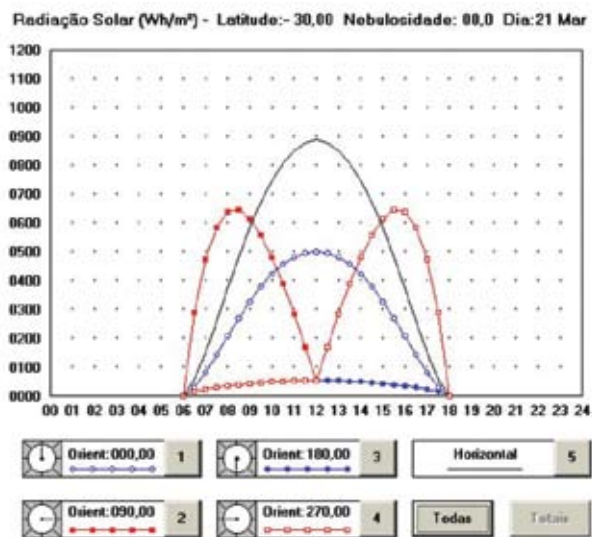
Para o período de inverno, considerou-se como característica desejável a entrada de sol pelas superfícies envidraçadas da construção. Com isso, podem ser obtidos ganhos térmicos durante

a estação mais fria do ano. No entanto, o dormitório da frente começa a receber insolação antes das 8h00, representando um inconveniente para os usuários em dias nos quais se deseja despertar mais tarde (essa situação irá se repetir em todas as outras simulações).



Radiação Solar (Wh/m ²) - Latitude:- 30,00 Nebulosidade: 00,0 Dia:21 Mar							
	0	90	180	270	COB	TOTAL	▲
06,00	0	0	0	0	0	0	0
06,50	31	288	13	13	58	404	
07,00	82	474	22	22	150	751	
07,50	143	585	29	29	258	1045	
08,00	208	638	35	35	372	1287	
08,50	270	645	40	40	482	1477	
09,00	328	617	43	43	583	1615	
09,50	379	560	46	46	672	1703	
10,00	422	481	49	49	747	1748	
10,50	456	388	51	51	807	1752	
11,00	481	283	52	52	850	1719	
11,50	496	170	53	53	878	1650	
12,00	502	53	53	53	887	1548	
12,50	496	53	53	170	878	1650	
13,00	481	52	52	283	850	1719	
13,50	456	51	51	388	807	1752	
14,00	422	49	49	481	747	1748	
14,50	379	46	46	560	672	1703	
15,00	328	43	43	617	583	1615	
15,50	270	40	40	645	482	1477	
16,00	208	35	35	638	372	1287	
16,50	143	29	29	585	258	1045	
17,00	82	22	22	474	150	751	
17,50	31	13	13	288	58	404	
18,00	0	0	0	0	0	0	
TOTAL	7095	5617	921	5617	12600	31850	

Figura 199 – Gráfico mostrando os valores de radiação solar, em Wh/m², para as quatro orientações, para a data de 21 de março



Radiação Solar (Wh/m ²) - Latitude:- 30,00 Nebulosidade: 00,0 Dia:21 Set							
	0	90	180	270	COB	TOTAL	▲
06,04	0	0	0	0	0	0	0
06,54	37	286	13	13	58	407	
07,03	92	470	22	22	148	754	
07,53	155	580	29	29	255	1048	
08,03	221	632	35	35	367	1289	
08,52	284	639	39	39	475	1477	
09,02	343	610	43	43	575	1614	
09,52	394	554	46	46	663	1703	
10,01	436	477	48	48	737	1747	
10,51	470	384	50	50	795	1750	
11,01	495	280	52	52	839	1717	
11,50	510	169	53	53	865	1649	
12,00	516	53	53	53	874	1548	
12,50	510	53	53	169	865	1649	
12,99	495	52	52	280	839	1717	
13,49	470	50	50	384	795	1750	
13,99	436	48	48	477	737	1747	
14,48	394	46	46	554	663	1703	
14,98	343	43	43	610	575	1614	
15,48	284	39	39	639	475	1477	
15,97	221	35	35	632	367	1289	
16,47	155	29	29	580	255	1048	
16,97	92	22	22	470	148	754	
17,46	37	13	13	286	58	407	
17,96	0	0	0	0	0	0	
TOTAL	7390	5564	915	5564	12426	31859	

Figura 200 – Gráfico mostrando os valores de radiação solar, em Wh/m², para as quatro orientações, para a data de 21 de setembro

8.2.3.3 Condições de insolação e sombreamento no protótipo para o equinócio

As demais figuras mostram a radiação solar ou energia radiante incidente sobre as paredes da edificação, para cada uma das quatro orientações, em diferentes horários do dia, para os equinócios de outo-

no (21 de março) e de primavera (21 de setembro).

Na Figura 201 são apresentadas as imagens geradas para o equinócio, a partir do mesmo ângulo da câmera da Figura 198. Assim como na simulação anterior, não foram consideradas as obstruções externas existentes no terreno da implantação.

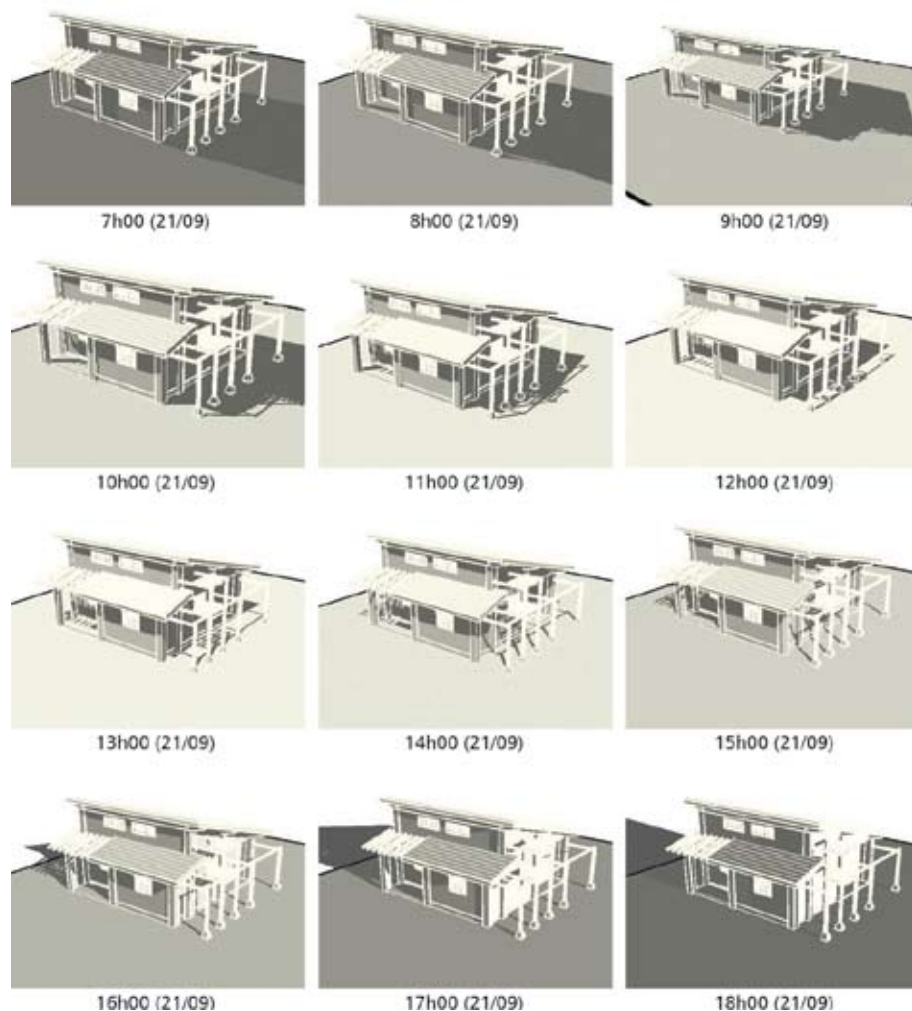


Figura 201 – Simulação do sombreamento das fachadas no protótipo (21/09)

Observa-se que aproximadamente 50% da superfície das janelas da fachada norte ficam sombreadas ao longo do dia. Entre as 17h00 e as 18h00, o sol passa a incidir quase que perpendicularmente à fachada oeste. Entre as 13h00 e as 14h00, a janela da sala/cozinha começa a receber insolação direta, sendo sombreada parcialmente pelo pergolado de troncos.

8.2.3.4 Avaliação das condições de sombreamento das superfícies externas do protótipo Casa Alvorada

Considerações a respeito do estudo de sombreamento das esquadrias

Fachada norte

Durante o período do inverno as janelas recebem insolação direta, que alcança o seu maior valor no dia do solstício. No período do equinócio, as esquadrias ficam parcialmente sombreadas (praticamente 50% de sua superfície), o que demonstra que, no período subsequente, cada vez menos radiação solar entrará no interior do protótipo. O contrário acontece durante o solstício de verão, quando o sol alcança sua altura máxima e é totalmente obstruído pelo beiral. A partir desse dia, sua inclinação (altura) começa a diminuir, chegando ao equinócio do outono com as esquadrias parcialmente sombreadas, da mesma forma que no equinócio da primavera.

Uma alteração importante, que poderia ser introduzida no projeto do PCA, seria a de uma descontinuidade na inclinação do telhado, a partir do seu alinhamento com a superfície externa da parede norte, determinando o seu caimento para a parte

frontal da edificação. Isso resultaria em uma maior proteção da fachada norte, inclusive do próprio telhado, contra as intempéries. Essa mudança também poderia melhorar as condições de sombreamento das janelas altas, durante as estações da primavera e do outono.

Fachada leste

Ao longo do ano a esquadria localizada nesta fachada recebe insolação direta durante o período da manhã. O beiral não representa um elemento efetivo de sombreamento, visto que sua forma horizontal e posição elevada não são eficientes para barrar o sol, que está muito baixo no horizonte, durante essas horas do dia. Embora, a veneziana se mostre eficaz para barrar a radiação solar, pode representar um obstáculo à iluminação natural, principalmente no verão, quando o sol nasce ao sudeste e a janela deverá ficar praticamente fechada durante toda a manhã (se o objetivo for bloquear toda a radiação solar direta).

Fachada oeste

A janela posicionada nesta fachada não possui veneziana, o que pode representar um ganho indesejável de radiação solar no verão. O pergolado de troncos poderá se tornar mais efetivo em sua função de sombreamento desta fachada com o crescimento das parreiras. Sem as parreiras, essa abertura deverá se constituir em uma das principais responsáveis pelo ganho de calor no interior da edificação durante o verão.

Avaliação do sombreamento das fachadas no protótipo

Segundo Dutra (1994), se a proporção de área

envidraçada da parede externa voltada para norte for pequena (em torno de 25%), deve-se permitir o acesso do sol, garantindo **fatores solares** acima de 0,7 no inverno e menores ou iguais a 0,2 no verão. Como os fatores solares baixos pressupõem um alto índice de sombreamento, deve-se também equacionar a questão da necessidade lumínica do ambiente. Para evitar a insolação no período mais quente, sugere-se a adoção de um brise fixo horizontal, o qual resolve facilmente o problema. Com isso, durante o inverno, com o sol mais baixo, fica garantida a incidência solar no ambiente (e o ganho de calor através da radiação de onda curta entrante).

Para a fachada leste, Dutra (1994) sugere um fator solar entre 0,7 e 0,8, para proporções de abertura menores que 25% da parede. Dutra também sugere que seja evitada, sempre que possível, a distribuição de ambientes mais nobres para as fachadas oeste e que, talvez, a melhor solução de sombreamento para essa fachada sejam os brises móveis ou, então, o uso de árvores com folhas caducifólias.

Na fase de concepção do projeto do protótipo Casa Alvorada foram calculadas as dimensões dos beirais para sombrear as esquadrias da fachada norte durante o verão, e permitir a entrada de sol desejável no inverno. Também foi projetado um pergolado, junto à fachada oeste, para sombrear essa face da edificação durante as tardes do verão. Concomitante a isso foi previsto o plantio de trepadeiras caducifólias junto aos troncos do pergolado, para tornar mais efetivo o sombreamento no verão e permitir ganhos térmicos no inverno (parreiras).

8.2.4 Avaliação das condições de iluminação natural mediante simulações com o programa Daylight

Esse procedimento de avaliação de iluminação natural foi descrito em Morello, Bevilacqua e Grigoletti (2004), e empregou as estimativas do programa Daylight, o qual fornece, a partir da geometria do ambiente e dimensões e localização das aberturas, a distribuição de iluminâncias no interior do ambiente, apresentando o índice Fator de Luz do Dia. Este representa a percentagem disponível de iluminância naquele ponto medido em relação àquela disponível no exterior. Para fins de análise, considerou-se uma iluminância externa disponível de 10.000 lux.

A seguir, são apresentadas as simulações realizadas no programa *Daylight*, para cada um dos compartimentos do protótipo Casa Alvorada.

8.2.4.1 Banheiro

No banheiro do Protótipo Alvorada foram verificadas as piores condições de iluminação natural. Em qualquer hora do dia, faz-se necessário complementar o nível de iluminação com o uso de lâmpadas. Para a simulação foram adotados os valores apresentados no Quadro 31, a seguir.

Na Figura 202 pode-se verificar o resultado obtido com a simulação no programa Daylight para a distribuição da luminosidade nesse compartimento.

Dimensões do compartimento	1,60 m x 2,80 m
Dimensão da janela	0,75 x 0,35 / 1,75
Projeção do beiral	1,60 m
Fator de transmissão da janela	0,5 (devido aos caixilhos)
Refletância do forro	0,2 (madeira escura)
Refletância das paredes	0,4 (revestimento branco e cinza)
Fator de manutenção dos vidros	0,81 (vidro jateado e sujo)

Quadro 31 – Banheiro: valores utilizados na simulação com o programa Daylight



Figura 202 – Distribuição da iluminação natural no interior do banheiro

Percebe-se, pela observação dos contornos dos níveis de iluminação, que o valor máximo não ultrapassa 0,3% da iluminação externa. Esse valor é confirmado pelas medições efetuadas no dia 27 de outubro de 2003, quando foi registrado, para o ponto central do compartimento, não mais do que 10 lux.

O programa Daylight aponta os seguintes valores para as condições simuladas.

Essas condições se devem principalmente ao diminuto tamanho da janela, ao grande beiral formado pela reentrância da área de serviço e à baixa refletância do forro e das paredes.

Valor mínimo	0,06%
Valor máximo	0,27%
Média	0,14%
Uniformidade da iluminação*	0,43

* A uniformidade é dada pela divisão do valor mínimo pela média

Quadro 32 – Resultados da simulação

Sabe-se que as esquadrias representam um custo significativo no cômputo geral dos materiais de construção utilizados em uma habitação de interesse social. Em função disso, na proposta de alteração do projeto, sugere-se um pequeno aumento na área da superfície da janela do banheiro, visto que esse compartimento foi o que demonstrou o pior desempenho sob esse aspecto. Mas, como principal alteração, para melhorar as condições de iluminação natural interna, propõe-se a pintura das superfícies das paredes e do forro com cores claras ou branco.

A partir dessas alterações, novamente foram simuladas as condições do novo projeto. Foram consideradas as seguintes dimensões e coeficientes para a simulação.

Na Figura 203 se verifica que, apesar dos percentuais de iluminação ainda não serem muito altos, houve uma melhora significativa na utilização da iluminação natural.

Dimensões do compartimento	1,20 m X 2,30 m
Dimensão da janela	0,80 X 0,50 / 1,60
Projeção do beiral	0,80 m
Fator de transmissão da janela	0,5 (devido aos caixilhos)
Refletância do forro	0,8 (madeira escura)
Refletância das paredes	0,6 (azulejo e reboco brancos)
Fator de manutenção dos vidros	0,81 (vidro jateado e sujo)

Quadro 33 – Banheiro: valores utilizados na nova simulação com o programa Daylight



Figura 203 – Simulação da distribuição da iluminação natural no interior do banheiro no projeto proposto

Os seguintes valores foram registrados pelo programa.

Nota-se que tanto o valor mínimo como a média tiveram seus valores quintuplicados, fazendo com que a uniformidade permanecesse inalterada.

Valor mínimo	0,30%
Valor máximo	1,13%
Média	0,71%
Uniformidade da iluminação	0,43

Quadro 34 – Resultados da nova simulação

8.2.4.2 Dormitório dos fundos

Na Figura 204 pode-se verificar o resultado obtido com a simulação no programa Daylight para a distribuição da luminosidade no dormitório dos fundos.

Para a simulação foram adotados os valores apresentados abaixo.

Dimensões do compartimento	3,00 m x 2,70 m
Dimensão da janela	1,07 x 1,12 / 0,98
Projeção do beiral	0,80 m
Fator de transmissão da janela	0,5 (devido aos caixilhos)
Refletância do forro	0,2 (madeira escura)
Refletância das paredes	0,2 (revestimento de tijolos maciços escuros e reboco cinza)
Fator de manutenção dos vidros	0,9 (vidro sem limpeza)

Quadro 35 – Banheiro: valores utilizados na simulação com o programa Daylight

Observando a Figura 204, percebe-se que em determinados pontos do ambiente existe pouca luminosidade. Isso é verificado também pelos dados numéricos registrados pelo programa.

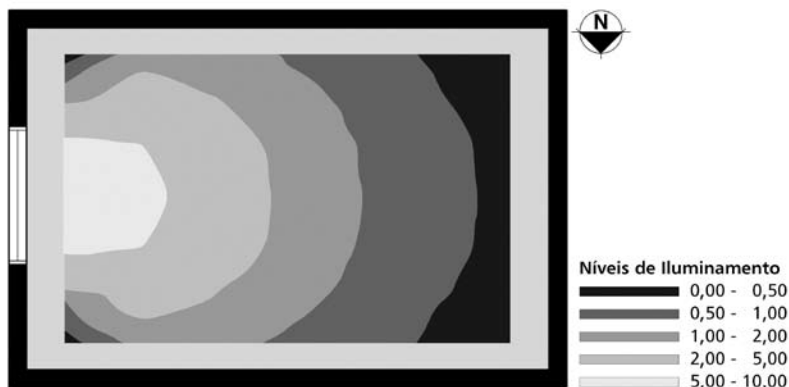


Figura 204 – Simulação da distribuição da iluminação natural no interior do dormitório dos fundos atual

Valor mínimo	0,18%
Valor máximo	7,49%
Média	1,67%
Uniformidade da iluminação	0,10

Quadro 36 – Resultados da simulação

Para melhorar as condições de luminosidade optou-se por sugerir o aumento da refletância das paredes através da pintura delas com a cor branca. Também se sugeriu a adoção de esquadrias com um fator de caixilho menor (mesmo em madeira é possível chegar a 70% da superfície envidraçada). Além disso, para esse e para os demais compartimentos, buscou-se adotar no projeto novo as dimensões mínimas exigidas pelo Código de Edificações da Cidade de Santa

Maria (com a área de janela igual ou superior a 1/6 da área de piso). Com isso a janela do dormitório dos fundos, no novo projeto, passará a ter 1,20 m x 1,20 m (1,44 m² de área).

8.2.4.3 Dormitório da frente (janela para norte)

Na Figura 205 pode-se verificar o resultado obtido com a simulação no programa Daylight para a distribuição da luminosidade no dormitório da frente.

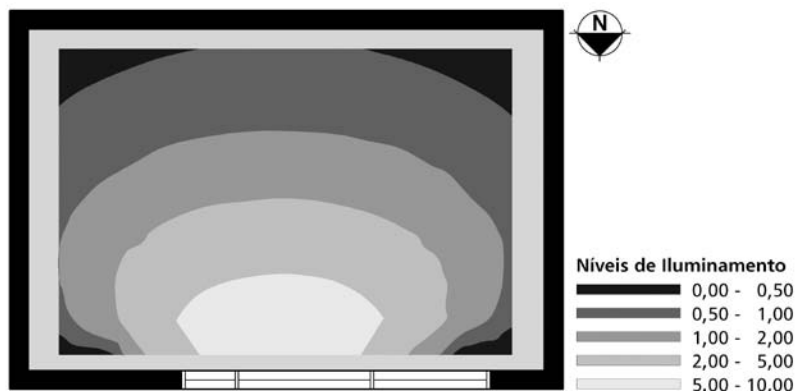


Figura 205 – Simulação da distribuição da iluminação natural no interior do dormitório da frente

Para a simulação foram adotados os valores abaixo.

Dimensões do compartimento	3,00 m x 2,70 m
Dimensão das janelas	1,13 x 1,13 / 0,96
	1,47 x 0,43 / 3,39
Projeção do beiral	0,80 m
Fator de transmissão da janela	0,5 (devido aos caixilhos)
Refletância do forro	0,2 (madeira escura)
Refletância das paredes	0,2 (revestimento de tijolos maciços escuros e reboco cinza)
Fator de manutenção dos vidros	0,9 (vidro sem limpeza)

280

Quadro 37 – Dormitório da frente: valores utilizados na simulação com o programa Daylight

Valor mínimo	0,15%
Valor máximo	8,34%
Média	1,72%
Uniformidade da iluminação	0,09

Observando a Figura 205, percebe-se que em determinados pontos do ambiente existe pouca luminosidade. Isso é verificado também pelos dados numéricos registrados pelo programa.

Quadro 38 – Valores fornecidos pelo programa Daylight para o dormitório da frente

8.2.4.4 Sala/cozinha

Na Figura 206 pode-se verificar o resultado obtido com a simulação no programa Daylight para a distribuição da luminosidade na sala/cozinha atual. Foi necessário fazer duas simulações separadamente para esse compartimento devido à posição da janela alta.

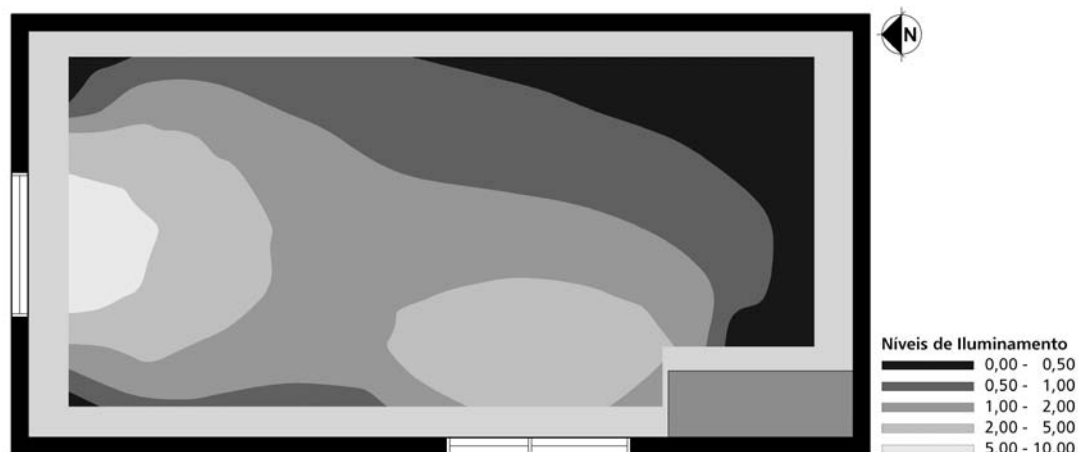


Figura 206 – Simulação da distribuição da iluminação natural no interior da sala/cozinha (somente janelas baixas)

Para as simulações 1 e 2 foram adotados os valores constantes no quadro que se segue.

Dimensões do compartimento	4,95 m x 3,35 m com uma obstrução
Dimensão das janelas	1,13 x 1,13 / 0,96 (norte)
	1,09 x 0,88 / 1,22 (oeste)
	1,47 x 0,43 / 3,39 (alta-norte)
Projeção dos Beirais	0,80 m
Fator de transmissão da janela	0,5 (devido aos caixilhos)
Refletância do forro	0,2 (madeira escura)
Refletância das paredes	0,2 (revestimento de tijolos maciços escuros)
Fator de manutenção dos vidros	0,9 (vidro sem limpeza)

Quadro 39 – Sala/cozinha: valores utilizados na simulação com o programa Daylight

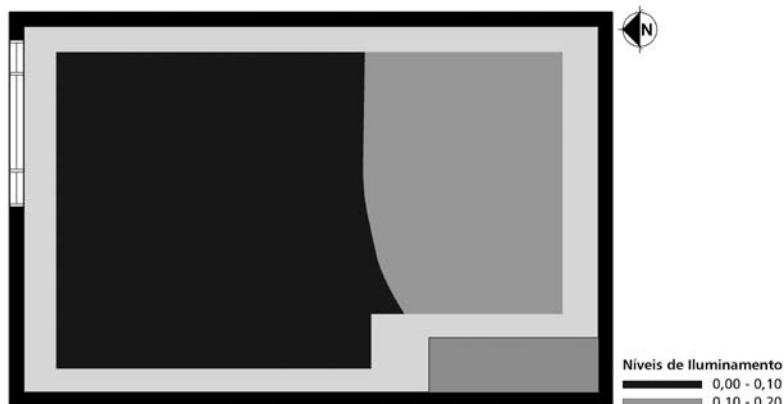


Figura 207 – Simulação da distribuição da iluminação natural no interior da sala/cozinha (somente janela alta)

Observando as Figuras 206 e 207, percebe-se que em determinados pontos do ambiente existe pouca luminosidade. Observa-se que a janela alta contribui muito pouco para a iluminação do ambiente (não chega a 0,2% nos pontos de maior contribuição). Isso é facilmente verificado pelos dados numéricos registrados pelo programa.

Valores	Janelas baixas	Janela alta
Valor mínimo	0,12%	0,02%
Valor máximo	8,99%	0,18%
Média	1,54%	0,07%
Uniformidade da iluminação	0,08	0,26

Quadro 40 – Valores fornecidos pelo programa Daylight para a sala/cozinha

Segundo Szokolay (1980), a iluminância de uma superfície de várias fontes é a simples soma das iluminâncias produzidas por cada uma das fontes. Dessa forma, como no caso acima, podem ser soma-

das as contribuições das janelas baixas com a da janela alta (obviamente isso não vale para o percentual da média, nem para o índice de uniformidade).

8.2.4.5 Considerações a respeito da iluminação natural

No projeto do PCA ocorrem muitas zonas escuras, em um patamar entre 1% e 2%. O aumento das dimensões das janelas poderia ser verificado em termos de custos, para tentar viabilizar a sua execução em futuras edificações similares. Especial atenção deve ser dada ao banheiro, onde foram verificados os piores resultados em relação à iluminação natural. A diminuição do fator de caixilho também poderá contribuir para aumentar os níveis de iluminação interna sem elevar o custo das esquadrias.

8.2.5 Análise crítica qualitativa do projeto do protótipo Casa Alvorada

A seguir são apresentados e discutidos aspectos negativos observados através da análise qualitativa feita a partir de plantas, cortes, fachadas e obser-

vação *in loco* efetuada no protótipo construído no *campus* do Vale da UFRGS (MORELLO; BEVILACQUA; GRIGOLETTI, 2004).

8.2.5.1 Ventilação

Através do estudo em planta e cortes verifica-se que a ventilação cruzada no protótipo não é efetiva, uma vez que as entradas e saídas de ar (janelas e portas) não permitem uma circulação entre as fachadas externas da edificação localizadas em paredes opostas, tendo presente que os ventos predominantes de verão em Porto Alegre vêm do quadrante leste/sudeste (UBER, 1992).

Com a mudança da porta da área de serviço, da face oeste da edificação para a face sul, haveria uma ventilação cruzada mais efetiva, admitindo-se que a entrada de ar ocorresse pela abertura do dormitório dos fundos e pela porta voltada a sul, e a saída de vento pela face voltada a norte e oeste.

A janela alta (dormitório e sala de estar/cozinha), cujo objetivo principal era o de proporcionar a exaustão do ar quente formado no interior do protótipo, não está cumprindo a função programada devido à dificuldade de operação da abertura.

8.2.5.2 Iluminação natural

No atual projeto, não existe nenhum elemento de sombreamento e obscurecimento das esquadrias do dormitório da frente e sala/cozinha, havendo necessidade de serem acrescentados tais dispositivos nessas aberturas (venezianas iguais àquela adotada no dormitório dos fundos, por exemplo).

Verificou-se, no presente trabalho, que, em média, aproximadamente 50% da área da área nominal das aberturas instaladas no protótipo Alvorada é obstruída pelos caixilhos. O estudo de aberturas visa melhorar aspectos de ventilação e iluminação naturais, não contemplados pela tipologia adotada pelo projeto. Considerando-se esquadrias de madeira, seria possível chegar a valores em torno de 70% de vidro em relação à área total da esquadria, ou seja, mesmo que se privilegie a adoção de madeira para as esquadrias, é possível aumentar a área efetiva para iluminação.

Também foi identificado que os acabamentos (refletâncias) das superfícies internas não otimizam o aproveitamento da luz natural. Propõe-se o uso de cores claras para superfícies internas (paredes e forros) a fim de aproveitar melhor a luz natural. Esse procedimento pode ser feito diretamente sobre a alvenaria, dispensando o reboco, que poderia aumentar custos da construção do protótipo.

8.2.5.3 Aspectos construtivos

Em relação à funcionalidade das aberturas superiores (janelas altas), estas são muito pequenas e com dificuldade de acionamento pelos usuários (difícil acesso para abertura e fechamento delas). Para uma situação em que não se construir o mezanino junto a essas janelas, propõe-se o uso de um sistema antigo de corrente e contrapeso, de fácil manuseio e manutenção por parte do usuário da edificação.

Na parte mais alta do telhado, ocorre um envelhecimento acelerado do fechamento norte do forro ventilado. Isso se dá devido à sua exposição ao sol durante todo o dia e à sua forma, que o torna vulnerável

ao escoamento da água da chuva. Sugere-se que o beiral não continue ascendendo, após passar pelo alinhamento da parede norte, mas que caia para a frente da edificação, protegendo um pouco mais a parede norte e, principalmente, suas esquadrias (Figura 208).

8.2.5.4 Divisão dos compartimentos e fluxos

Em relação à divisão dos compartimentos e à posição de aberturas, o grande número de portas que abrem para o ambiente de estar e cozinha cria uma circulação perdulária, diminuindo a área útil do recinto. Alterações no posicionamento de tais portas poderiam otimizar o uso desse compartimento. Além disso, a excessiva área do banheiro acaba diminuindo a área da sala/cozinha. Embora o banheiro tenha sido projetado para permitir o acesso de uma cadeira de rodas, entende-se que tal situação é a exceção, e não a regra, constituindo uma alternativa para quando isso se fizer necessário.

Ainda fazendo uma análise do aproveitamento de áreas na edificação, nota-se que os alpendres frontal e lateral pouco contribuem para o conforto da residência, devido à sua pequena dimensão. No caso do alpendre frontal, além da pequena área, não é coberto, pouco contribuindo para o conforto do usuário que deseja usar esse espaço. Já o alpendre lateral, devido à sua pequena largura, torna desconfortável e mesmo impossibilita o uso do tanque destinado à lavagem de roupas. Uma proposta de alteração integraria tais áreas ao interior da edificação, criando um alpendre plugado na face norte da edificação. Com isso, a área interna passaria de 38 m² para 42 m², permitindo a ampliação da área da sala/cozinha, além

de melhorar os fluxos e possibilidades de distribuição de mobiliário. Essa mudança contempla um dos principais anseios dos moradores do assentamento de Nova Hartz, onde foram construídas seis edificações baseadas no projeto arquitetônico do protótipo Alvorada (MORELLO et al., 2003).



Figura 208 – Visualização da nova proposta, com o deslocamento do alpendre lateral para a fachada norte e modificação no telhado

Outro aspecto negativo verificado foi o pé-direito elevado, que não é utilizado em todo o seu potencial. Alterações poderiam ser feitas explorando-se a possibilidade de uso do pé-direito duplo com um mezanino, para aumento da área útil da edificação (aproximadamente 12 m²). Duas propostas poderiam ser exploradas: uma com escada convencional passando pelo dormitório da frente; e outra com uma escada do tipo *Santos Dumont*, dentro da sala, com degraus alternados. Em ambas as situações, poderiam ser propostos usos para o espaço criado embaixo dessas escadas (estantes ou armários), evitando perdas demasiadas de superfície de piso com circulação vertical.

Verifica-se, também, que as paredes internas de alvenaria não permitem flexibilidade no uso dos

ambientes (perda de área útil interna devido à espessura das paredes). Para melhorar esse aspecto, poderiam ser utilizadas divisórias leves, que poderiam ser facilmente adaptadas segundo as necessidades dos usuários. Em um cálculo expedito, observou-se que a área de alvenaria seria reduzida em quase 14 m², tornando desnecessária a construção de fundações sob as mesmas (já contabilizado o aumento de paredes externas em função do aumento da altura). Com isso, a área útil de piso interno aumentaria 1,08 m² (ganhar-se-ia a área necessária para a circulação em frente ao banheiro).

Outro aspecto pertinente seria a possibilidade de expansão da moradia, uma vez que essa é uma das necessidades mencionadas com maior frequência por parte dos moradores do assentamento de Nova Hartz (MORELLO et al., 2003). Para não se perderem as benesses proporcionadas pelas estratégias adotadas no projeto original, como o telhado ventilado e a orientação de sua superfície para o sul, poderia ser criada uma alternativa com a possibilidade de expansão para o fundo do lote.

8.3 O protótipo Casa Alvorada: a construção

8.3.1 A construção do protótipo

8.3.1.1 Introdução

A construção do protótipo Casa Alvorada envolveu mais de 15 estudantes de pós-graduação e de graduação, além de professores, com vinculação permanente ou temporária ao NORIE. Um dos objetivos do envolvimento de alunos foi o de procurar

demonstrar a viabilidade de sua construção por mão-de-obra pouco qualificada, como provavelmente seria a dos futuros usuários, populações de baixa renda. A iniciativa de autoconstrução foi, inclusive, dos próprios alunos, que demonstraram entusiasmo em eles próprios construir o protótipo. Como poucos tinham experiência de obra – mesmo os que tinham, era apenas em aspectos particulares da construção –, programou-se um curso de qualificação para aqueles que se dispunham a participar. Foram feitos, inclusive, contatos com o Serviço Nacional de Aprendizado Industrial (SENAI/RS), particularmente ao seu setor ligado à construção civil, que qualifica jovens para trabalhar em construção civil, para ministrar o curso, buscando realizá-lo no próprio local onde seria erguido o protótipo. No entanto, como os recursos de que se dispunha eram escassos e haveria custos – não consideráveis, mas também não disponíveis para esse fim específico –, resolveu-se desenvolver um curso básico de qualificação com o auxílio de diversos professores da UFRGS, atuando na área de construção e geotecnia. Assim, a equipe disposta a se envolver na construção recebeu uma orientação específica, abrangendo conhecimentos sobre execução de fundações (que depois se revelaria de extrema importância diante das condições limitadas de suporte do solo local), materiais de construção e de gestão da construção.

Inicialmente, pensava-se que seria possível envolver os estudantes em quase todas as etapas de construção, que, estimava-se, requereria de quatro a seis meses, no máximo. No entanto, vários fatores contribuíram para que isso, depois, não viesse a se efetivar:

o tempo de negociações requerido, dentro da universidade, para obter um local onde erguer a edificação (foi necessária a formalização de um processo administrativo e várias etapas de negociação com o departamento usuário da área); as condições precárias do solo, demandando a execução de fundações especiais; a demora em contar com equipamentos de escavação, graciosamente cedidos pela prefeitura universitária; a época de início das obras (final de novembro), logo seguido de período de férias (e conseqüente diminuição da equipe de trabalho); e, a seguir, o envolvimento dos estudantes em atividades acadêmicas (em sua maioria, de pós-graduação), bastante demandantes de tempo. Isso resultou na contratação de um profissional (pedreiro) com experiência, a partir de fevereiro de 2002, para a execução de componentes específicos e para uma condução ininterrupta dos serviços de construção; e de um servente, a partir de maio de 2002. Uma estudante de ensino médio cujo pai era pedreiro e residente em uma vila próxima ao *campus* recebeu uma bolsa do projeto para apontar a movimentação

de materiais e mão-de-obra envolvida na obra e servir de intermediária entre a equipe de coordenação do projeto e a equipe de campo.

8.3.1.2 Ilustrações relativas ao desenvolvimento da construção

Tanto em razão da falta de recursos como pela indefinição quanto às soluções a serem encaminhadas quanto às instalações elétricas e hidráulicas (se convencional ou fotovoltaica, qual tipo de coletores solares para o aquecimento d'água, aproveitar ou não as águas de chuva no vaso sanitário e na irrigação), estas não haviam sido concluídas até o final de 2006. Tais instalações estavam sendo ultimadas no início de 2007 pela equipe do Laboratório de Energia Solar, da Engenharia Mecânica da UFRGS, responsável pela área onde foi construído o protótipo, para viabilizar o uso do protótipo por estudantes de pós-graduação desse laboratório.

A documentação fotográfica apresentada a seguir ilustra o histórico dos trabalhos no canteiro de obras, desde a marcação da obra até o estágio de conclusão do envelope da edificação.



Figura 209 – Marcação da obra, em 28/11/01



Figura 210 – Escavação das fundações, em 19/12/01



Figura 211 – Materiais reusados para as fundações (à esquerda, materiais descartados na substituição de pavimentos do *campus* Central da UFRGS; à direita, restos de demolição de construção preexistente ao lado do lote destinado ao protótipo), em 02/01/02

287



Figura 212 – Preparação do berço para as fundações, em 04/02/02



Figura 213 – Construção dos alicerces sobre o berço, em 02/03/02



Figura 214 – Execução das formas para as vigas de fundação, em 20/03/02



Figura 215 – Construção do piso, em 04/05/02



Figura 216 – Elevação das paredes, em 06/06/02



Figura 217 – Execução das vigas de coroamento das paredes, em 13/06/02



Figura 218 – Vigas de coroamento (telhado sul, inferior), em 14/06/02



Figura 219 – Execução das caixas de gordura e filtros, em 18/07/02



Figura 220 – Fachada norte (parte superior), com janelas superiores, em 18/07/02



Figura 221 – Edificação pela primeira vez coberta, em 31/10/02



Figura 222 – Vistas externas e internas, em 05/11/02

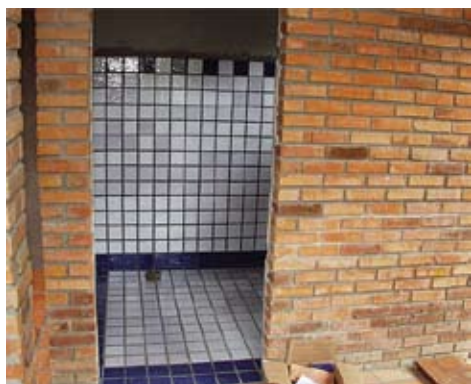


Figura 223 – Banheiro e seu revestimento (recebido em doação), em 05/11/02



Figura 224 – Detalhes construtivos do telhado, em 26/11/02



Figura 225 – Pergolado em construção, em 15/12/02



Figura 226 – Protótipo com janelas instaladas, em 28/01/03



Figura 227 – Protótipo em detalhes, em 15/04/03

8.3.2 Implantação de um sistema modular de gestão de águas residuárias

8.3.2.1 Introdução

Em uma dissertação de mestrado desenvolvida no NORIE (ERCOLE, 2002), são apresentados vários exemplos de aplicação de um sistema de tratamento de águas residuárias proposto pelo seu autor. Um desses sistemas foi implantado junto ao protótipo Casa Alvorada.



Figura 228 – Implantação do sistema de tratamento de águas residuárias do protótipo Casa Alvorada (vista a partir do leito de evapotranspiração, em execução)

8.3.2.2 Descrição ilustrada do sistema modular implantado junto ao protótipo

O sistema modular implantado junto ao protótipo propõe a separação das águas cinzas e negras, um leito de evapotranspiração (também conhecido como canteiro de evapotranspiração ou leito de raízes ou *reed bed*) e, complementarmente, um espelho

d'água, para polimento do efluente final.

Todas as tubulações do sistema de tratamento de águas residuárias são de cerâmica (evitam o uso de PVC). As caixas de passagem e caixas sifonadas também são de alvenaria de tijolos cerâmicos, revestidos com argamassa de cimento e areia (Figura 229). Dentro do mesmo espírito, os sifões dessas caixas foram executados com tubulações cerâmicas, convenientemente cortadas e unidas com argamassa de cimento e areia (Figura 229).

As águas cinzas (da cozinha, área de serviço e banheiro - chuveiro e lavabo) passam por decantadores (Figuras 229 e 230) e caixa de mistura dos efluentes cinzas (águas cinzas), antes de se combinarem com o efluente do vaso sanitário (águas negras), preliminarmente tratado no reator anaeróbico.

O reator para o protótipo, em fase de construção, está detalhado nas Figuras 232 e 233, tendo sido dimensionado para uma família de até cinco pessoas. Na Figura 231, observa-se o compartilhamento das paredes dos equipamentos, em uma proposta alternativa (não implementada no protótipo), que buscava a redução de seu custo.

As paredes do reator foram executadas com tijolos cerâmicos maciços, revestidos com argamassa de cimento e areia. O fundo é de concreto, com espessura de 5 cm. A cobertura, ou tampa do reator, é feita com laje de concreto pré-moldado, com tampas para limpeza de concreto armado, com malha de aço de bitola de 4,2 mm, com espaçamento de 50 mm. Essas tampas têm dimensão de 0,30 m x 0,30 m e espessura de 5 cm. Todas as conexões desse reator são compostas de tubulações de cerâmica.



Figura 229 – Sifão (à esquerda) e decantadores do sistema de tratamento

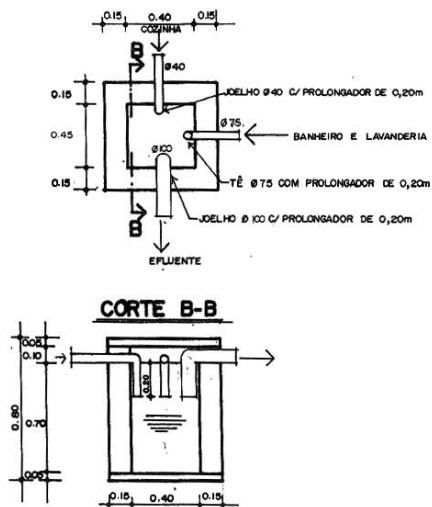


Figura 230 – Modelo de decantador utilizado no protótipo Casa Alvorada

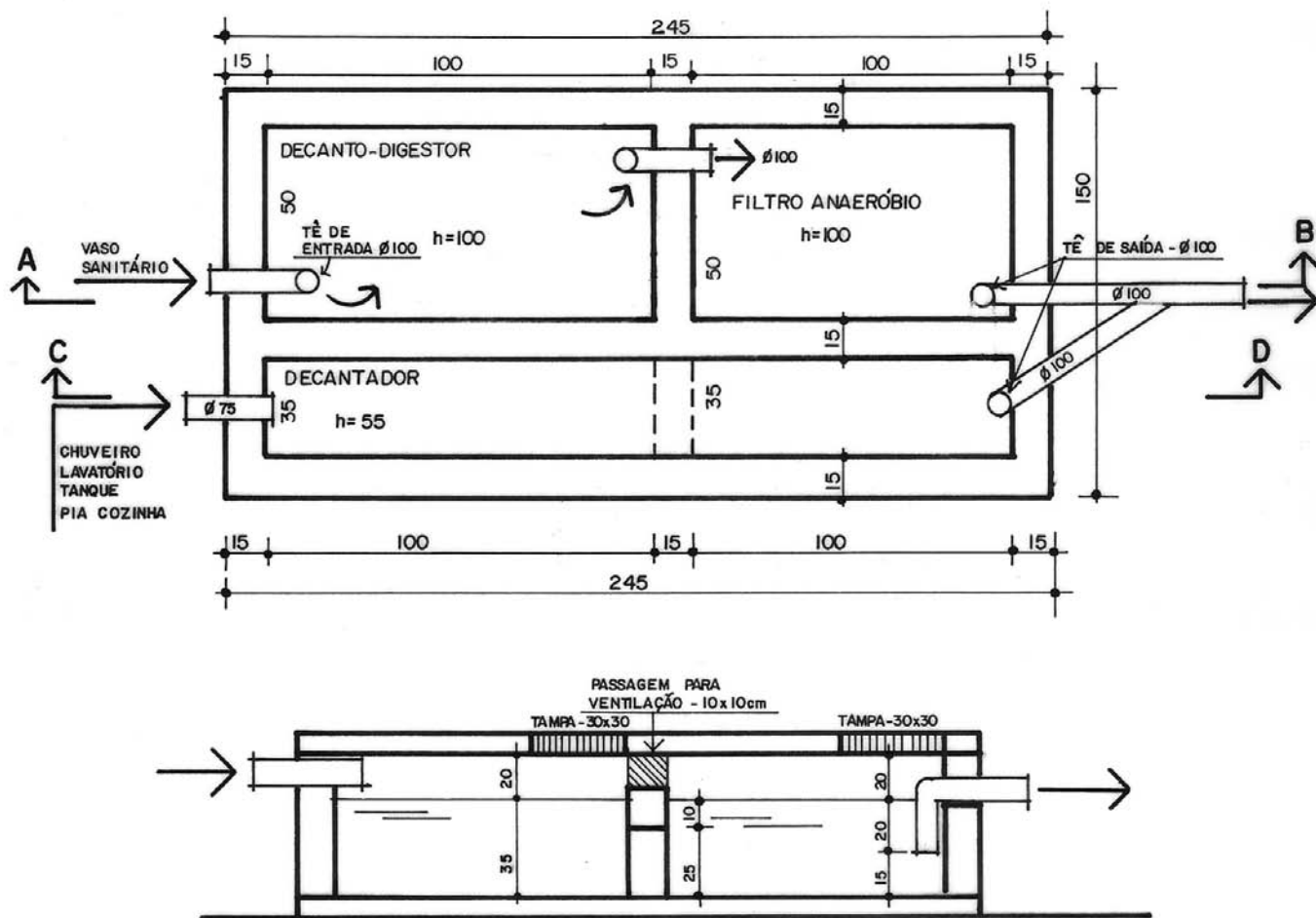


Figura 231 – Modelo de sistema modular, com separação de águas negras e cinzas, utilizado no protótipo Casa Alvorada



Figura 232 – Sistema modular, com separação de águas negras e cinzas, no protótipo Casa Alvorada. Na extremidade superior da foto à esquerda, a caixa de mistura de águas cinzas (oriundas do banheiro e cozinha), precedida de uma caixa de gordura (para as águas da cozinha)



Figura 233 – Sistema modular, em construção, mostrando, à esquerda, os seus dois compartimentos (acima, digestor; abaixo, o filtro). À direita, o sistema modular sendo coberto por laje, onde também se observa o filtro (abaixo), executado com o uso de blocos de 6 furos

O efluente desse reator, após agregar as águas cinzas e negras, pré-tratadas, é conduzido para um leito de evapotranspiração, conforme a Figura 234. O leito de evapotranspiração é impermeabilizado, em sua base, com um lençol de polietileno de alta densidade. O objetivo dessa impermeabilização é não permitir a infiltração das águas tratadas através do fundo do leito, já que o lençol freático se encontra elevado, mas realizar o polimento do efluente do leito através

de um tratamento complementar, com um pequeno espelho d'água, que recebe um sistema vivo, composto de plantas e fauna aquáticas. O fundo desse espelho d'água não é impermeabilizado, possibilitando que um eventual excedente líquido, adequadamente depurado, possa ser conduzido para um córrego (as nascentes do Arroio Dilúvio) que corre próximo ao local onde se encontra o protótipo.

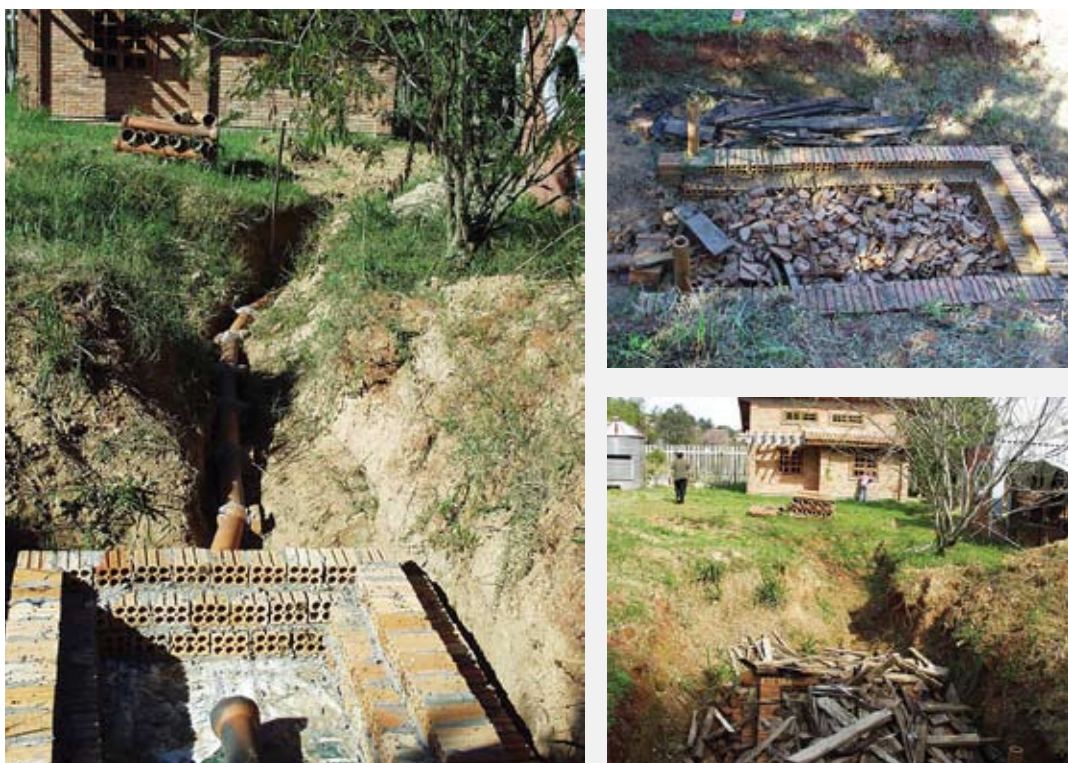


Figura 234 – Construção do leito de evapotranspiração, com impermeabilização ao fundo (esquerda) e leito filtrante, construído com a utilização de entulhos resultantes da obra (direita)

8.3.2.3 Considerações finais

Nas conclusões finais de seu trabalho, Ercole (2002) afirma que

“o **sistema modular**, com separação de águas cinzas, é, na realidade, a associação de vários sistemas de tratamento de esgotos, utilizados há muito tempo, acrescidos de alguns detalhes construtivos resultantes dos avanços obtidos pelos estudos de microbiologia nas três últimas décadas, principalmente, como, por exemplo, o lançamento do afluente próximo ao fundo do reator, onde a concentração de microorganismos é maior, o que torna a digestão do esgoto mais rápida”.

Adiciona que é um sistema de construção simples, que utiliza materiais comuns, requer pouquíssima manutenção e não necessita de energia externa para o seu funcionamento. Embora de concepção e funcionamento simplificados, esse sistema modular apresenta eficiência de tratamento muito superior ao de sistemas convencionais, além de constituir uma alternativa mais sustentável de tratamento local de efluentes líquidos, que substitui as soluções tradicionalmente adotadas, principalmente em empreendimentos habitacionais de interesse social, de tratamento de “fim de tubo”.

8.3.3 Coletor solar de baixo custo

8.3.3.1 Introdução

Um terceiro produto da disciplina Comunidades Sustentáveis em Prática, já referida anteriormente, foi o desenvolvimento de estudos para projetar e construir um coletor solar de placas planas de bai-

xo custo, concebido para ser utilizado no protótipo Casa Alvorada ou em outras habitações de interesse social (MUSSKOPF, 2005).

8.3.3.2 Dados de embasamento do projeto

A temperatura de água fria foi estimada a partir do valor da temperatura média mínima do ar, que corresponde ao valor adotado quando existem reservatórios elevados como parte do sistema de calefação.

Não há normas brasileiras que estimem consumo de água quente, por pessoa, para sistemas de aquecimento de água por energia solar. Sendo esse um valor relativo aos costumes e usos da população, estimou-se um consumo de água quente, para banho, da mesma forma com que o fazem as empresas de aquecedores de água: 40 L/dia por pessoa. Sendo a composição da família média no Rio Grande do Sul de cinco membros, dois adultos e três crianças, o consumo de água quente totaliza 200 L/dia.

Na Tabela 13 é possível observar uma estimativa de aquecimento de 200 L de água e a economia (em reais), para uma superfície de 1 m², e eficiência de 20%, entre a radiação incidente e o aquecimento de água. Os dados da tabela foram utilizados para confeccionar a Figura 235.

8.3.3.3 Protótipo experimental do coletor solar

O objetivo principal é substituir e/ou amenizar a utilização da ducha elétrica, usada por mais de 70% da população brasileira e responsável por grande parte do consumo de energia elétrica no horário de pico, utilizando a energia solar – abundante e limpa. O equipamento foi construído com refugos da cons-

Mês	RAD [Kcal/m ² dia]	RAD 45 [Kcal/m ² dia]	TM [°C]	TMM [°C]	TAF [°C]	AAR [°C]	TAQ [°C]	EME
Jan	7.065	5.149	25,5	30,7	24,5	5,15	29,65	R\$ 11,69
Fev	6.387	4.838	25,5	30,2	24,3	4,84	29,14	R\$ 10,98
Mar	5.410	4.511	23,5	28,8	22,8	4,51	27,31	R\$ 10,24
Abr	4.203	4.064	20,5	26,1	20,2	4,06	24,26	R\$ 9,22
Mai	3.243	3.725	17,5	22,4	16,3	3,72	20,02	R\$ 8,45
Jun	2.903	3.579	15,7	19,8	14,1	3,58	17,68	R\$ 8,12
Jul	3.243	3.725	15,5	19,9	14,1	3,72	17,82	R\$ 8,45
Ago	4.203	4.064	15,8	21,0	14,9	4,06	18,96	R\$ 9,22
Set	5.410	4.511	17,5	21,8	16,7	4,51	21,21	R\$ 10,24
Out	6.387	4.838	19,8	24,2	18,9	4,84	23,74	R\$ 10,98
Nov	7.065	5.149	21,6	27,1	21,0	5,15	26,15	R\$ 11,69
Dez	7.300	5.242	24,3	29,3	22,9	5,24	28,14	R\$ 11,90
economia no ano								R\$ 121,20

Valores em média mensal de 10 anos:

RAD = radiação solar horizontal / RAD45 = radiação solar superfície 45° / TM = temp. média do ar / TMM = temp. média máxima do ar / TAF = temp. da água fria / AAR = aquecimento de 200 L de água pela radiação solar em 1,0 m² $[(RAD \times (1 - NEB) \times 1,0 \times 0,35) / 200]$ / TAQ = temp. da água quente $[TAF + AAR]$ / EME = estimativa de economia mensal de energia $[(AAR \times 160) / (1,163 \times 1000) \times 0,29 \times 30] / 2,85]$

Tabela 13 – Dados climáticos de Porto Alegre, dados de consumo e temperatura da água, estimativa de economia. Fonte: Azoztegui (1987)

trução civil, sucatas e materiais reaproveitados, reduzindo bastante o seu custo (R\$ 135,74 em março de 2005), além de dar um destino mais nobre ao “lixo”. O processo de montagem e instalação é simples e executável por pessoas com baixo nível de instrução. A estimativa é que o equipamento amortize seu custo em um ano.

O critério (e desafio) do projeto foi o de utili-

zar materiais reciclados, de descarte e de baixo impacto ambiental para a construção do sistema de captação de energia e de armazenamento de água. Também foram substituídos ou eliminados os componentes caros dos sistemas tradicionais. A montagem do sistema foi simplificada, para que não exigisse mão-de-obra especializada para a montagem e instalação do sistema.

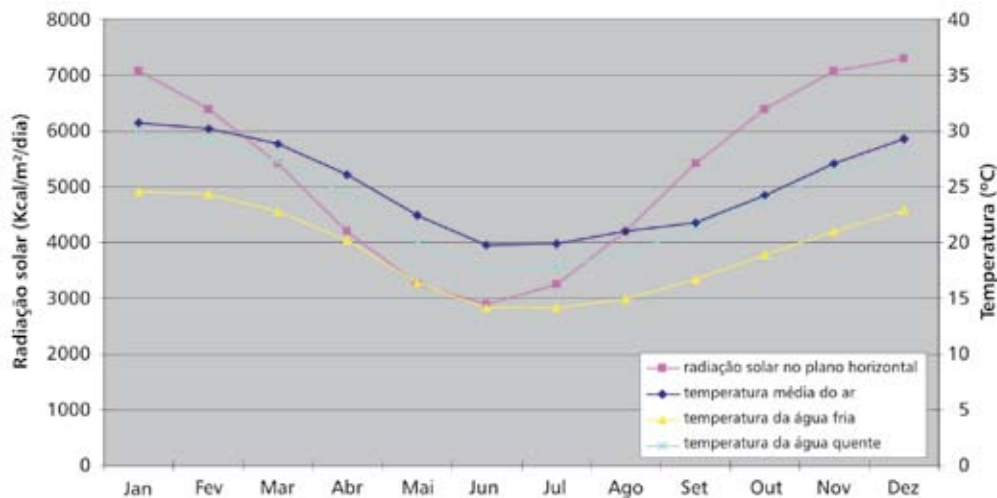


Figura 235 – Curva estimativa de temperatura da água fria e quente, e temperatura do ar

Material, preparo, montagem e instalação

A lista de todos os produtos utilizados com suas quantidades e preços se encontra na Tabela 14. O tanque acumulador (Figura 236) é um tonel de transporte de óleo metálico, de 220 L, comprado em ferro-velho. Após a lavagem com água e remoção de ferrugem com lixa, recebeu três demãos de zarcão. As instalações hidráulicas são similares a de uma caixa d'água de coletor solar tradicional. É importante observar que não há peças no mercado propícias para a construção de coletores solares, tendo, assim, que ser adaptadas. A entrada de água fria provida é de torneira bóia comum, de descarga. A saída de água quente, na parte inferior da caixa, foi executada com conexões de PVC, compatíveis com dutos de polipropileno, e as duas comunicações com a placa coletora (superior e inferior), com parafusos

de luminária, câmara de pneu de bicicleta e cola de silicone (Figuras 239, 240 e 241). Para aumentar o isolamento do tonel, previu-se o seu revestimento com um cobertor (Figura 242).



Figura 236 – Tanque armazenador de água



Figura 237 – Placa coletora com lona plástica



Figura 238 – Suporte para o tanque



Figura 239 – Torneira bóia



Figura 240 – Conexão de PVC



Figura 241 – Conexão com a placa coletora



Figura 242 – Isolante térmico



Figura 243 – O protótipo Alvorada



Figura 244 – Fixação da mangueira

A placa coletora (Figura 237) foi executada tendo como base meia chapa de compensado naval, refugo da construção civil. Sobre ela foram fixadas, com pregos, duas chapas de *off-set* (chapas de alumínio descartadas por indústrias gráficas) e com braçadeiras de *nylon*, 20 m de tubo de cobre (3/8”), dispostos em serpentina. Embora seja perfeitamente possível de ser executado à mão, foi utilizado um curvador de canos de cobre, para a execução da serpentina, pois facilita o trabalho e melhora a estética da placa a ficar

exposta no protótipo Casa Alvorada. As placas de *off-set* e os tubos de cobre foram pintados de preto, com sobras de tinta esmalte. Para aumentar a eficiência do sistema, foi fixada uma lona plástica transparente, de estufa, cobrindo o sistema e afastada por meio de ripas de madeira dos componentes inferiores. As partes de madeira que ficaram expostas foram pintadas para aumentar a vida útil da placa. A placa coletora deverá ser fixada na parte externa da casa, na fachada norte (Figura 243), com uma inclinação de 45°,

através de dobradiças metálicas e parafusos. O tanque armazenador deve ficar no interior da edificação, dando preferência à maior proximidade com o coletor, em vez do banheiro, uma vez que a tubulação hidráulica da casa é de material isolante. Para fixá-lo, foi construído um suporte que permite sua instalação em uma parede alta. Para a conexão da placa coletora no tanque armazenador, foi utilizada uma mangueira para fluidos, de alta pressão (facilmente, porém, substituível por mangueira de jardim). Ela foi conectada à placa coletora e ao tonel com braçadeiras.

Custos de montagem e instalação

O custo de montagem e instalação do aquecedor solar de baixo custo consta na Tabela 14. Como a intenção do experimento foi o uso de materiais reciclados, a grande maioria resultou do reúso de materiais, já possuídos pelo autor, o que resultou em um custo total de R\$ 135,74. Caso todas as peças desse mesmo coletor fossem compradas, o custo seria de R\$ 256,54.

O custo do coletor solar simula a possibilidade de sua aquisição e montagem por uma família de baixa renda. Porém, o mais importante é a redução do consumo do chuveiro elétrico. Ele é responsável pelo consumo de 600 Kwh/ano por família e representa um investimento médio de US\$ 600,00, para gerar e distribuir a energia consumida, de cada nova ducha.

Estimativa de aquecimento

Estimou-se, de forma simplificada, o aquecimento de água pelo sistema, considerando a radiação

solar em um plano a 45°, a área de 1 m² da placa coletora e uma eficiência de 20% nas trocas térmicas. Os resultados estão expressos na Tabela 13. É possível observar que, mesmo quando utilizamos baixa eficiência, o sistema apresenta uma boa economia e permite sua amortização em 1 ano.

8.3.3.4 Recomendações quanto à construção do coletor solar

Sugere-se o uso de tubulações rígidas para a execução da serpentina da placa coletora e grande cuidado na execução das dobras, para evitar o risco de rompimento. Uma dobra mal executada ou com material flexível poderá acarretar em surgimento de bolhas, o que prejudicaria o fluxo do sistema.

O plástico, correntemente utilizado em estufas (polietileno), pode ser substituído, com muitas vantagens, por vidro (que também poderá ser reciclado). Além de apresentar pior isolamento, o plástico dilata e se degrada facilmente com a exposição à radiação solar e acaba entrando em contato com os tubos, prejudicando o efeito de câmara de ar. A sua durabilidade, portanto, tende a ser baixa.

Não há necessidade de se executarem todos os aquecedores solares com os materiais aqui ilustrados. O ideal é a utilização de materiais disponíveis localmente e usualmente descartados. Apenas como ilustração, a simples colocação de caixas de água de fibrocimento (devidamente tampadas) no exterior da edificação, em um local bastante ensolarado, já é suficiente para aquecer a água em vários graus.

Produto	Quantidade	Valor efetivo	Valor de mercado
Geral			
Parafusos		R\$ 4,80	R\$ 4,80
Pregos		R\$ 5,30	R\$ 5,30
Rolo de pintura	1 un.	-	R\$ 2,20
Pincel	1 un.	-	R\$ 1,20
Aguarraz (900 mL)	900 mL	-	R\$ 4,10
Zarcão	1 L	R\$ 13,10	R\$ 13,10
Tinta velha, selador ou óleo queimado	1 L	-	-
Tinta preta brilho		R\$ 5,80	R\$ 5,80
Curvador tubo mola	1 un.	R\$ 10,09	R\$ 10,09
Cola silicone	15 mL	-	R\$ 4,00
Placa coletora			
Chapa de compensado	1 un.	-	R\$ 22,00
Ripa 2,5 cm x 2,5 cm	1 un.	-	R\$ 4,20
Chapas de alumínio	2 un.	-	
Tubo de cobre	10 m	R\$ 42,50	R\$ 42,50
Braçadeiras do tubo de cobre	23 un.	R\$ 3,45	R\$ 3,45
Tubulação flexível (mangueira de jardim)	4 m	-	R\$ 3,60
Braçadeiras do tubo flexível	4 un.	R\$ 2,00	R\$ 2,00
Tanque armazenador			
Estrutura do tanque	5,5 m	R\$ 9,10	R\$ 9,10
Tambor 220 L, recuperado	1 un.	R\$ 25,00	R\$ 25,00
Torneira bóia	1 un.	R\$ 2,80	R\$ 2,80
Luva 25x20	1 un.	R\$ 0,75	R\$ 0,75
Redutor de vazão (tampa refrigerante)	1 un.	-	-
Flange de PVC	1 un.	R\$ 5,00	R\$ 5,00
Flange alumínio	2 un.	R\$ 4,25	R\$ 4,25
Câmara de pneu velha	1 un.	-	-
Cobertor velho	1 un.	-	-
TOTAL		R\$ 133,94	R\$ 175,24
Hidráulica			
Fita veda-rosca	10 m	R\$ 1,80	R\$ 1,80
Registro esférico, polipropileno	1 un.	-	R\$ 35,10
Joelho, em polipropileno	6 un.	-	R\$ 21,60
Tubo de polietileno	50 m	-	R\$ 22,30
TOTAL		R\$ 135,74	R\$ 256,04

Tabela 14 – Lista de materiais e custos para a montagem e instalação do coletor solar

8.4 O protótipo Casa Alvorada: medições e avaliações *in loco* do protótipo

8.4.1. Avaliação das condições de iluminação natural mediante medições e simulações

Na manhã do dia 27 de outubro de 2003, entre 9h30min e 10h30min, um grupo de alunos do NORIE realizou medições dos níveis de iluminação no interior do protótipo Casa Alvorada com o auxílio de um luxímetro. As medições visaram verificar as condições de iluminação natural em pontos internos da edificação, avaliando a necessidade de complementação com iluminação artificial nos diversos compartimentos, assim como apresentar propostas de correção para os problemas de projeto verificados.

Foi observado que, junto às aberturas, a 80 cm do piso, o aparelho chegou a marcar valores entre 500 e 1.000 lux. No entanto, no centro dos compar-

timentos os valores medidos não passaram dos 300 lux (com exceção do dormitório dos fundos, voltado para leste, que estava recebendo insolação diretamente sobre o piso). Isso demonstra a falta de homogeneidade da distribuição da iluminação natural proveniente do exterior (como poderá ser percebido nas simulações adiante realizadas).

Segundo Lamberts, Pereira e Dutra (1997, p. 45), o emprego preferencial da luz natural permite às pessoas maior tolerância à variação do nível de iluminação. Também afirma que, quanto mais complexa a tarefa a ser desenvolvida e quanto maior a idade da pessoa, maior também deverá ser o nível de iluminação. A iluminação insuficiente pode causar cansaço, dores de cabeça e irritação, além de provocar acidentes.

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) fixa as iluminâncias mínimas a se-

Classificação	Nível de iluminação a ser obtido	Tarefa desenvolvida
BAIXA	100 a 200 lux	Circulação Reconhecimento facial Leitura casual Armazenamento Refeição Terminais de vídeo
MÉDIA	300 a 500 lux	Leitura/escrita de documentos com alto contraste Participação de conferências
ALTA	500 a 1.000 lux	Leitura/escrita de documentos com fontes pequenas e de baixo contraste Desenho técnico

Quadro 41 – Classificação dos níveis de iluminação, segundo o tipo de tarefa a ser desenvolvida

rem atingidas em função do tipo de tarefa visual, através da NB 57.

De maneira simplificada, Lamberts, Pereira e Dutra (1997) apresentam um quadro com valores do nível de iluminação necessários em um ambiente, de acordo com a tarefa a ser desenvolvida. No entanto, observa-se que para uma verificação mais precisa devem ser seguidos os procedimentos constantes na NBR 5413, apresentados no Quadro 41.

Para melhor entender o desempenho lumínico do PCA e buscando identificar um método de simulação que melhor explicasse os valores medidos, fez-se uso de três métodos preditivos de iluminação natural no interior de edificações, com medições concomitantes.

O **primeiro procedimento** de cálculo utilizado foi o *Método de Fluxo Dividido*, constante no Projeto de Norma do Comitê Brasileiro de Construção Civil (1988). Buscou-se com ele estimar a disponibilidade de luz natural em quatro pontos no interior do Protótipo Alvorada, para o mesmo dia e hora do levantamento.

O **segundo procedimento** de cálculo utilizado foi o *Método do Gráfico de Fator de Luz Diurna* (EVANS; SCHILER, 1989). Este foi utilizado para estimar a disponibilidade de luz natural em cinco pontos no interior do protótipo, para o mesmo dia e hora do levantamento. Os resultados foram comparados com medições realizadas no interior do protótipo no dia 27 de outubro de 2003.

Esses dois procedimentos foram descritos em um dos documentos produzidos pelos alunos (MORELLO; BEVILACQUA; GRIGOLETTI, 2004).

Para associar os valores obtidos com as dimensões das esquadrias existentes no protótipo, foram usadas as especificações da legislação constante no Código de Edificações da cidade de Santa Maria, RS. Assim, na avaliação dos vãos de iluminação e ventilação, segundo o Código de Edificações, foram observadas as dimensões das aberturas em relação às respectivas superfícies de pisos dos compartimentos avaliados. Também foram consideradas as proteções das janelas.

Posteriormente, um novo trabalho foi desenvolvido no local e apresentado por Tavares e Baltar (2005). Esse trabalho buscou avaliar se a iluminação incidente no interior do protótipo correspondia aos requisitos desejáveis e estabelecidos pela NBR 5413, bem como se o nível de iluminamento era suficiente para as atividades propostas. O estudo também envolveu a medição de iluminâncias internas, em um dia parcialmente encoberto (9 de novembro de 2005, entre 15h00 e 16h40) e comparou os resultados obtidos com aqueles simulados no software ECOTECH, constituindo este o **terceiro procedimento** de cálculo. Adicionalmente, esse trabalho simulou algumas possibilidades de alteração das aberturas.

Os resultados obtidos são apresentados a seguir, assim como as dificuldades e limitações de cada método e sua adequação às situações do estudo.

8.4.1.1 Avaliação das condições de iluminação natural mediante o Método de Fluxo Dividido

O Método de Fluxo Dividido para predição de iluminação natural disponível no interior das edificações, descrito no Projeto de Norma do Comitê Bra-

sileiro de Construção Civil (1988)¹, foi utilizado para estimar a disponibilidade de luz natural em quatro pontos no interior do protótipo, para 27 de outubro, às 8h30 (hora solar).

Valores encontrados para as simulações

Para o Protótipo Alvorada, foram simulados quatro pontos: dormitório fundos (P1), dormitório frente (P2), cozinha e sala (dois pontos: P3 e P4). Para os dormitórios, esses pontos foram tomados a uma

mesma distância das paredes contendo janela e sobre o eixo delas (no centro do compartimento). Para a sala e cozinha, afastados 1,5 m das paredes norte e sul, que delimitam tal ambiente. Foram simuladas duas situações de céu: céu claro, com altitude solar de 45°, correspondendo, aproximadamente, à altitude solar das 9h30 da manhã do dia 27 de outubro (próximo ao horário em que foi efetuada a medição); e céu encoberto. O Quadro 42, a seguir, apresenta os valores que foram adotados para a simulação.

Parâmetros Condições de céu	Valores adotados Céu claro e céu encoberto
Refletância das superfícies internas	0,30 (considerando: pisos cerâmicos, paredes em alvenaria de tijolos à vista ou argamassa, sem reboco, e forro em madeira cedrinho vermelho)
Altura do plano de trabalho	0,85 m
Coeficiente de transmissividade dos vidros, K_t	0,90
Coeficiente de manutenção dos vidros, K_m	0,90
Coeficiente de caixilhos, K_c	0,60
Refletância de superfícies externas, ρ_{obs}	0,30 (copa de vegetação de médio porte, verde escura)
Iluminância sobre uma superfície vertical externa, voltada a leste, em lux, E_{sv}	54.500 lux (VIANNA; GONÇALVES, 2001, p. 307)
Iluminância medida sobre uma superfície horizontal externa, em lux, E_h	108.000 lux (medido <i>in loco</i>)

Quadro 42 – Condições adotadas para a simulação através do Método do Fluxo Dividido

Concomitante aos valores adotados acima, consideraram-se as obstruções de céu devido à pérgola, sobre aberturas do dormitório da frente e sala/cozinha, como integrante da CRI.

No Quadro 43 são apresentados os valores encontrados com a aplicação do método (CIN e níveis de iluminância, em lux), para céu encoberto e céu claro, bem como os valores obtidos através das medições *in loco* (em lux).

¹Para mais informações, ver Parte 1, Parte 2 e Parte 3 do Projeto de Norma de Iluminação Natural.

		Pontos			
		P1 Dormitório de Fundos	P2 Dormitório de Frente	P3 Sala Frente	P4 Sala Fundos
Céu encoberto	CIN (%)	3,2	7,4	4,0	2,1
	Nível de iluminância (lux)	1.659	3.905	2.175	1.102
Céu claro	CIN (%)	11,6	3,7	2,4	2,2
	Nível de iluminância (lux)	6.783	2.164	1.510	1.271
Medições <i>in loco</i>	CIN (%)	2,4	0,26	0,29	0,17
	Nível de iluminância (lux)	2.650	280	310	180

Quadro 43 – Comparação dos resultados encontrados pelo Método do Fluxo Dividido e medições *in loco*

Considerações sobre o Método do Fluxo Dividido

Embora tenham sido adotados valores um pouco diferentes, referentes à hora da medição (9h30, e não 8h30), e à altura do ponto de simulação (85 cm, e não 80 cm, como no levantamento), os valores apresentados no Quadro 43, para a simulação com o Método do Fluxo Dividido, mostram-se bastante diferentes daqueles medidos *in loco* para os pontos P2, P3 e P4. Essa diferença, inicialmente, foi atribuída a um possível erro na escala do luxímetro no momento da medição, porém essa hipótese foi descartada a partir de um segundo levantamento, realizado no final do mês de novembro. Observou-se, nesse segundo levantamento, que, para a mesma hora da manhã, os valores encontrados ficaram muito próximos dos primeiros.

Com isso, conclui-se que, para o presente estudo de caso, o Método do Fluxo Dividido superesti-

mou os valores de iluminação natural obtida no interior dos compartimentos.

8.4.1.2 Avaliação das condições de iluminação natural mediante o gráfico de fator de luz diurna (método dos pontos)

Na avaliação foi utilizada uma tabela com valores de iluminância (Klux) para Porto Alegre, em condições de céu parcialmente encoberto, e um gráfico com pontos, a partir do qual são contabilizados os percentuais de contribuição de luz, proveniente da abóboda celeste, da reflexão externa e da reflexão interna.

Valores encontrados para as simulações

O método propõe uma classificação qualitativa das zonas, segundo os valores encontrados para o Fator de Luz Diurna (Quadro 44).

Componente de Luz Diurna	Classificação
> 6%	Luminosas
3% a 6%	Intermediárias
1% a 3%	Escuras
< 1%	Muito escuras

Quadro 44 – Classificação qualitativa de zonas, segundo o valor do Fator de Luz Diurna

A seguir, no Quadro 45, são apresentados os valores encontrados com a aplicação do método para céu encoberto, bem como os valores obtidos através das medições *in loco* (em lux). O valor encontrado é um percentual da luminosidade exterior ou a relação entre a iluminância medida, dentro e fora do local, no mesmo instante, à mesma altura, sob um céu coberto uniforme.

Considerações sobre o método do gráfico de Fator de Luz Diurna

O método apresenta algumas limitações no que se refere, por exemplo, ao cálculo de iluminação

durante um dia de céu claro, já que seus valores são dados apenas para céu encoberto (e, portanto, com uma contribuição de iluminação externa mais homogênea). No dormitório dos fundos, deve-se considerar que, no momento da medição, ocorria a incidência de raios solares diretamente no ambiente, acarretando um nível de iluminância mais alto que aquele calculado por esse método. De qualquer forma, mesmo com esses limitantes, os valores apresentados na simulação ficaram muito próximos dos valores encontrados nas medições *in loco*, demonstrando que esse método apresentou resultados bastante coerentes para esse estudo de caso.

De acordo com o Quadro 45, percebe-se que o nível de iluminação de todos os compartimentos do protótipo Casa Alvorada estão enquadrados nas faixas abaixo dos 3% da iluminação externa, ou seja, **escuras ou muito escuras**. Entretanto, em outras medições realizadas no protótipo Casa Alvorada, observou-se que junto às aberturas, a 80 cm do piso, o aparelho chegou a marcar valores entre 500 e 1.000 lux, demonstrando um nível de iluminação bom para

		Pontos				
		P1 Dormitório de Fundos	P2 Dormitório de Frente	P3 Sala Frente	P4 Sala Fundos	P5 Banheiro
Céu encoberto	Percentual de luz interna no ponto calculado, %	1,75	1,49	1,59	1,25	0,17
	Nível de iluminância, lux	912	232	243	151	14
Medições <i>in loco</i>	Nível de iluminância, lux	2.650	280	310	180	10

Quadro 45 – Comparação dos resultados encontrados para o Método do Gráfico de Fator de Luz Diurna

tarefas que exigem certa acuidade visual (leitura, por exemplo). Como solução paliativa, através do posicionamento do mobiliário de forma racional, pode-se induzir o usuário a desenvolver tais atividades (como leitura ou atividades manuais) nas zonas próximas às janelas. De qualquer forma, em projetos futuros, deve-se buscar uma distribuição mais homogênea da iluminação em todos os pontos dos ambientes.

Considerações finais sobre os dois métodos

Embora os Códigos de Edificações não apresentem estudos específicos mais apurados para a determinação das dimensões mínimas das aberturas de iluminação e ventilação, são eles que norteiam as decisões dos projetistas de edificações (além, é claro, dos aspectos estéticos). Uma das limitações dos Códigos de Edificações é o de estabelecer a área mínima da superfície da abertura sem especificar a área mínima das superfícies transparentes. Verificou-se que, em média, aproximadamente 50% da área das janelas instaladas no protótipo Casa Alvorada é constituída de caixilhos. Para os vãos encontrados, utilizando-se esquadrias de madeira, poderia se chegar a um percentual máximo de superfície transparente igual a 70% (estudo realizado concomitantemente a esse trabalho).

Deve-se destacar, no entanto, que, segundo a análise realizada, o protótipo apresentou problemas, principalmente no que se refere à ausência de proteção contra luminosidade e radiação nas janelas do dormitório voltado para norte. Além disso, também se observou que as janelas do banheiro e do dormitório sul não possuem a área mínima recomendada

pelo Código de Edificações de Santa Maria. Isso é verificado visualmente no banheiro, onde, mesmo durante o dia, os níveis de iluminação medidos mostraram-se muito baixos (10 lux, às 9h00 da manhã), exigindo iluminação artificial para a sua utilização. Já o dormitório sul, embora sua janela (com orientação leste) não possua a área exigida pelo Código de Edificações, apresentou-se como o compartimento mais iluminado do protótipo nas condições e horário da medição (em seu ponto central, a 80 cm de altura em relação ao piso, no dia 27 de outubro de 2003, às 9h00 da manhã). Isso ocorreu devido à entrada de luz solar diretamente sobre o piso do compartimento, aumentando significativamente seu nível de iluminação. Provavelmente, se fosse realizada uma nova medição durante o período da tarde, os níveis de iluminação seriam mais baixos.

Com relação aos níveis de iluminação calculados através da simulação pelo Método do Fluxo Dividido, observou-se uma diferença significativa entre os valores simulados e os valores medidos *in loco*. Conforme já referido, uma das possíveis causas para essa diferença pode ter sido a adoção de valores um pouco diferentes, referentes para a hora da medição (9h30, e não 8h30), para a altura do ponto de simulação (85 cm, e não 80 cm) e para a refletância das superfícies internas (0,30, e não 0,20). No entanto, o valor encontrado por esse método para o ponto localizado no dormitório dos fundos mostrou-se mais próximo daquele medido com o luxímetro.

Por fim, os níveis de iluminação calculados através da simulação pelo Método de Fator de Luz Diur-

na se mostraram bastante próximos àqueles medidos *in loco*. Apesar das considerações e ressalvas feitas no final do capítulo anterior, esse método mostrou-se muito coerente para condições de céu encoberto.

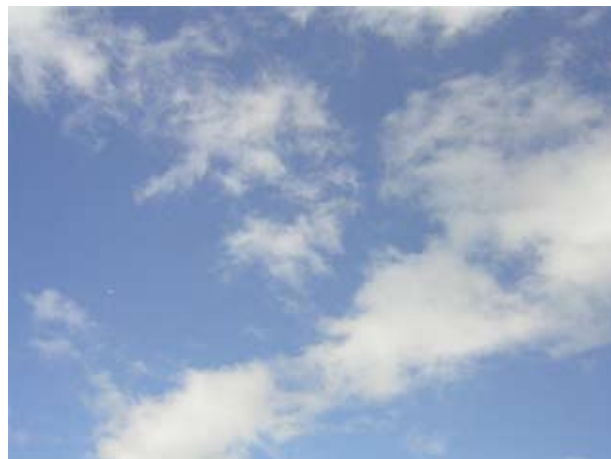
De qualquer maneira, os níveis de iluminação, medidos ou simulados, foram **muito baixos para todos os compartimentos** do protótipo Casa Alvorada (considerando apenas o ponto central calculado, e não os pontos próximos às janelas). Para melhorar essas condições, poder-se-ia pintar as superfícies do forro com cores claras, para aumentar o fator de reflexão e distribuir a luz de forma mais uniforme. Com o mesmo objetivo, as paredes poderiam ser pintadas ou rebocadas, para melhorar a distribuição da iluminação natural, através da reflexão interna.

Adicionalmente, poderiam ser empregadas esquadrias com menos caixilhos (ou com maior superfície envidraçada) e, conforme citado anteriormente, dever-se-ia aumentar as dimensões da esquadria do banheiro, para que esta satisfaça as especificações do Código de Edificações e proporcione um melhor nível de iluminamento no banheiro durante o dia.

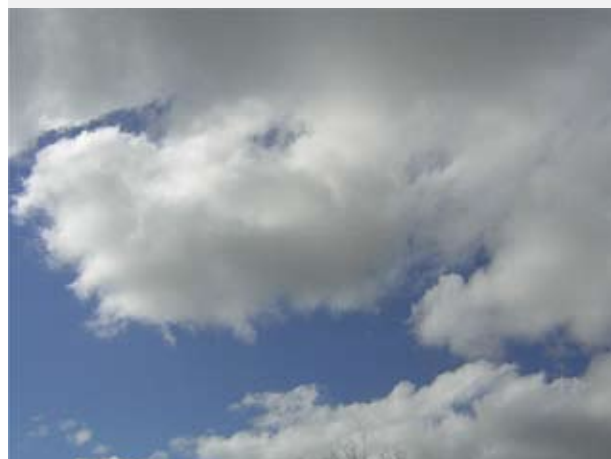
8.4.1.3 Medição das condições de iluminação natural e comparação com valores simulados através do software ECOTECH

A medição dos níveis de iluminamento natural interno ocorreu em um único dia, de céu parcialmente encoberto (TAVARES; BALTAR, 2005). A iluminância medida no exterior foi de 18.600 lux, às 16h10 (horário de verão). Esse nível é relativamente

freqüente para a latitude de Porto Alegre (30°), pois, de acordo com o gráfico da CIE, de disponibilidade de luz natural, com céu homogêneo, a probabilidade de se dispor de um dia com 15.000 lux é de 82%.



(a)



(b)

Figura 245 – Fotografias do céu no dia e horário em foram feitas as medições

O número de pontos de medição foi determinado de acordo com o sugerido pela ABNT (2003), obtendo-se 16 pontos para os dormitórios e para o estar/cozinha, e 9 pontos para o banheiro. Os pontos analisados foram distribuídos conforme consta na Figura 246. As medições foram realizadas com um luxímetro de precisão, da marca Instrutherm, modelo LDR-380. Os pontos 4 e 13, do dormitório 1, e os pontos 4 e 8, do dormitório 2, não puderam ser medidos devido à sua inacessibilidade.

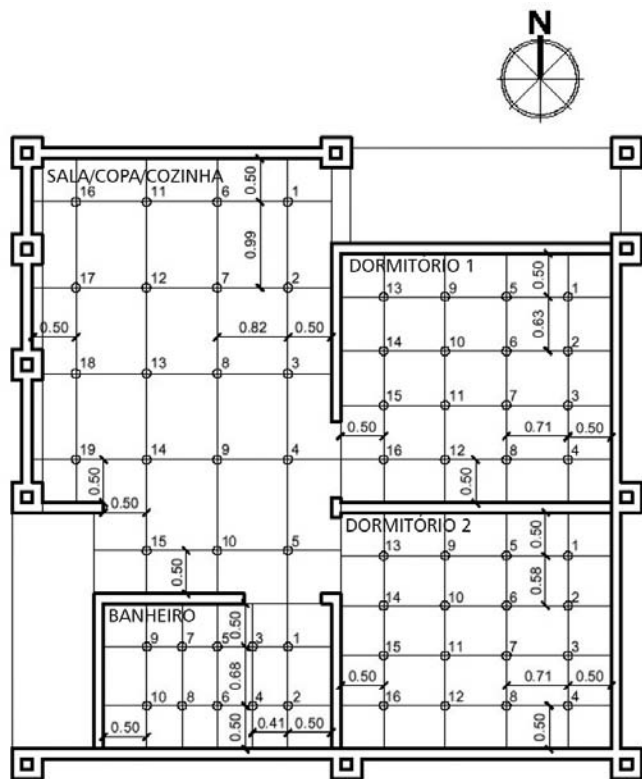


Figura 246 – Distribuição dos pontos medidos

Comparação entre os valores medidos e os exigidos pela NBR 5413

A NBR 5413 estabelece os valores máximos, médios e mínimos, para diversas classes de tarefas visuais e atividades, incluindo-se aquelas ocorrentes em residências. Os valores máximos devem ser utilizados como referência para atividades que ocorram em condições de refletâncias e contrastes baixos, quando erros forem de difícil correção, quando o trabalho visual for crítico, quando alta produtividade ou precisão forem de grande importância ou quando a capacidade visual do observador estiver abaixo da média.

Os valores mínimos podem ser utilizados quando as refletâncias ou contrastes forem relativamente altos, quando a velocidade e/ou precisão não forem importantes ou quando a tarefa for executada ocasionalmente.

Na avaliação do protótipo foram utilizadas as iluminâncias médias (geral e local) estabelecidas pela NBR, já que esta sugere que elas sejam utilizadas para todos os casos não excepcionais, como os descritos acima. O Quadro 46 apresenta os resultados obtidos no local.

Discussão dos resultados

Os pontos 4 e 13 do dormitório 1 e os pontos 4 e 8 do dormitório 2 não puderam ser medidos devido à sua inacessibilidade.

- Quociente de uniformidade

O quociente de uniformidade varia entre 0 e 1, e quanto mais próximo de 1, mais uniforme é a distribuição de luminosidade no ambiente.

Pontos medidos	Iluminâncias medidas nos ambientes (lux)			
	Sala/cozinha	Dormitório 1	Dormitório 2	Banheiro
1	85*	145*	269	2*
2	68*	144*	352	18*
3	30*	72*	351	3*
4	42*	Sem medição	Sem medição	45*
5	48*	469	550	3*
6	580	268	674	32*
7	64*	123*	460	3*
8	88*	115*	Sem medição	7*
9	112*	558	198	3*
10	79*	329	244	4*
11	564	154	237	
12	161	130*	272	
13	160	Sem medição	116*	
14	157	201	216	
15	50*	104*	220	
16	108*	117*	161	
17	166			
18	484			
19	584			
Valores da NBR (lux)	Sala: Geral - 150 Local - 500 (leitura, escrita, bordado...) Cozinha: Geral - 150 Local - 300 (fogão, pia, mesa...)	Geral - 150 Local - 300 (espelho, penteadeira, cama...)		Geral: 150 Local: 300 (espelhos)

Quadro 46 – Valores de iluminância medidos no local e os exigidos pela NBR 5413

Nota: Os valores assinalados com (*) estão com valores abaixo do mínimo exigido pela NBR 5413.

Para os ambientes analisados foram encontrados os valores a seguir.

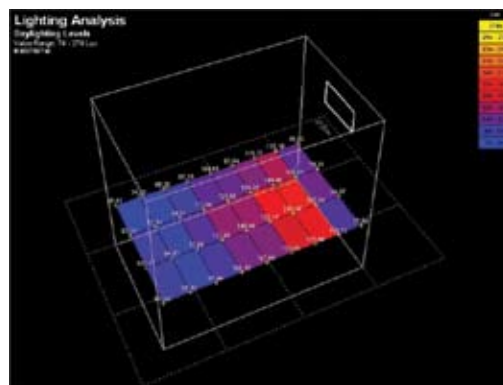
Ambiente	Quociente de uniformidade
Sala/cozinha	0,18
Dormitório 1	0,34
Dormitório 2	0,38
Banheiro	0,17

Quadro 47 – Quocientes de uniformidade para os ambientes avaliados

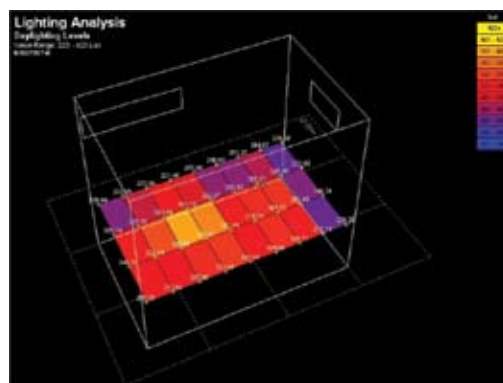
- Proposta de modificação para os ambientes mal iluminados

De acordo com a NBR 5413, na cozinha deverá haver iluminação local para a pia e para o fogão. A iluminação natural correspondeu, no horário medido, a 484 lux e 584 lux para os locais previstos para a pia e para o fogão, respectivamente. Dessa forma, a iluminação natural incidente no horário e condição de céu presente nessa data supriu as necessidades, não requerendo, sob tais condições, o uso de iluminação artificial durante o dia.

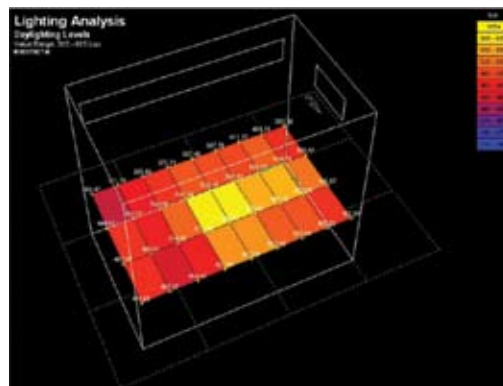
O dormitório 2, com janela voltada para o leste, apresentou apenas um ponto entre os medidos em que a iluminação não atende aos valores estabelecidos pela NBR 5413. Já o dormitório 1, com janelas voltadas para o norte, é menos iluminado, tendo apresentado, no horário medido, 8 dos 14 pontos medidos com valores abaixo do exigido. É interessante observar que o dormitório 2 é mais bem iluminado que o dormitório 1 (que apresenta uma pequena janela superior), apesar de apresentar área de vidros menor.



(a)



(b)



(c)

Figura 247 – Simulações feitas com o software ECOTECT: situação existente (a), proposta de utilização de elemento translúcido rasgando a parede sul em toda sua extensão (b), proposta de utilização de elemento translúcido rasgando a parede sul, sem a área do box (c)

O banheiro apresenta carência de iluminação natural. A área de abertura é pequena, e o vidro é translúcido, mas não transparente, o que reduz a luminosidade do ambiente. Propõe-se para esse dormitório o acréscimo de um vão adicional de iluminação, que poderia resultar da construção parcial, na parede sul, de uma área com tijolos de vidro. Através do software ECOTECH foram feitas simulações de possibilidades de alterações, conforme indicado na Figura 247.

De acordo com a NBR 5413, a situação original (a) está inadequada. A situação (c), com uma linha de tijolos cobrindo metade do vão da parede sul do banheiro, já proporcionaria a iluminância mínima, de 150 lux. A situação (b), com uma linha de tijolos de vidro cobrindo todo o vão da parede sul (o que implicaria estendê-la através da área de box), apresentaria resultados ainda melhores.

8.4.1.4 Conclusão

De forma geral, os valores de iluminância medidos são inferiores ao exigido pela Norma. Isso se deve tanto ao tamanho como aos materiais de revestimento interno utilizados. Como o interior dos ambientes apresenta a alvenaria aparente de tijolos vermelhos, exceto pelo dormitório 2, que possui duas paredes rebocadas, e o dormitório 1, com uma parede revestida, há baixa refletância, o que gera os baixos níveis de iluminação medidos. A existência de duas paredes rebocadas no dormitório 2, apesar de ter área de janelas menor que o outro dormitório, é suficiente para determinar maior refletância.

De acordo com os resultados de cálculo de uniformidade dos ambientes, conclui-se que a sala/

cozinha e o banheiro não possuem uma distribuição de iluminação adequada, o que poderá gerar ofuscamento e desconforto visual. Os índices dos dormitórios também são baixos em relação aos desejáveis.

Com exceção do banheiro, os demais compartimentos apresentaram níveis de iluminação satisfatórios, apesar de alguns pontos não atingirem os valores da Norma. A deficiência é mais marcada na distribuição do que nos níveis encontrados no horário examinado.

8.4.2 Monitoramento do desempenho térmico

8.4.2.1 Introdução

Em novembro de 2002, com a aquisição de um equipamento para medições de variáveis higrótérmicas, o grupo de pesquisas em sustentabilidade e conforto ambiental de edificações do NORIE/UFRGS passou a ter condições de realizar monitoramentos em ambientes internos. Com a instalação das esquadrias no início de 2003, surgiu a oportunidade de avaliar o comportamento térmico do Protótipo Casa Alvorada, cujos resultados parciais são apresentados neste trabalho – os trabalhos integrais podem ser encontrados na dissertação de mestrado de Morello (2005) e na tese de doutorado de Grigoletti (2007).

O protótipo habitacional Alvorada possui uma área construída de, aproximadamente, 48 m², na qual estão contemplados os seguintes compartimentos: dois dormitórios, uma sala de estar integrada à cozinha, um banheiro, uma varanda e uma pequena área de serviço aberta (Figura 248).

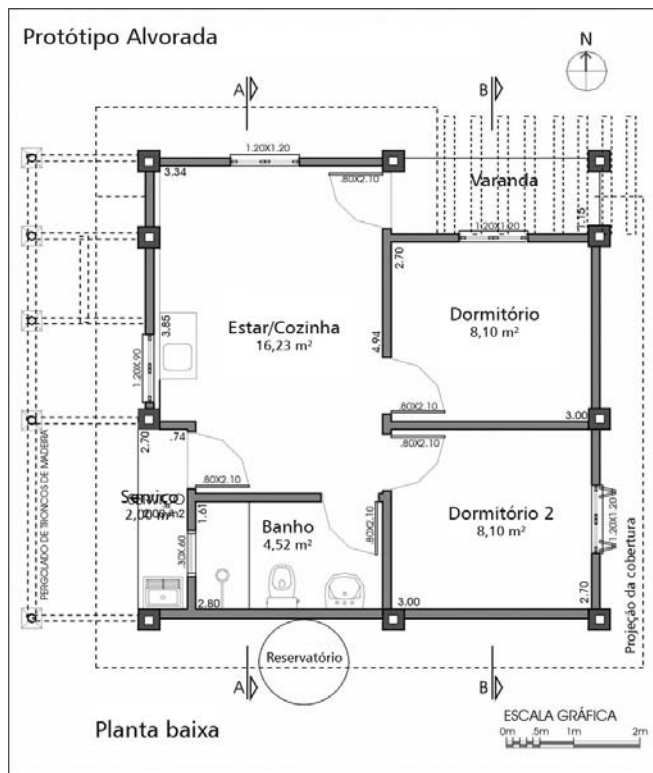


Figura 248 – Planta baixa do protótipo Casa Alvorada

As paredes da edificação foram construídas com tijolos maciços de 11 cm de espessura, e as paredes leste e norte não possuem revestimento. Já na parede oeste, foi aplicado um revestimento externo de argamassa, para aumentar a resistência térmica e a refletividade ante os raios solares incidentes durante o período da tarde. Na parede sul, foi aplicado o mesmo revestimento de argamassa nas superfícies externa e interna, para reduzir perdas térmicas durante o inverno e evitar a ocorrência de patologias associadas à umidade, já que essa face é a mais exposta à ação das intempéries.

Considera-se importante ressaltar alguns aspectos de implantação propostos e executados de forma a beneficiar a edificação com as técnicas passivas de controle térmico. Entre elas, destacam-se a orientação solar da edificação, em que as janelas das áreas de permanência prolongada são voltadas para o norte ou leste, e a manutenção da vegetação existente no entorno, para sombrear e proteger a fachada oeste, que é a face que soma a incidência de radiação solar com as mais elevadas temperaturas externas. Junto a essa fachada foi construído um pergolado com troncos de eucalipto, cuja estrutura foi projetada para servir de sustentação para o reservatório superior e dar sustentação a plantas que contribuam para o seu sombreamento.

Todas as esquadrias do protótipo foram confeccionadas em madeira de eucalipto. Os vidros são do tipo plano, liso, com 3 mm de espessura. A superfície envidraçada das janelas corresponde, em média, a 50% da área total da esquadria. As fotografias da Figura 249 mostram as fachadas leste, norte e oeste da habitação, com suas esquadrias.

Pode ser verificado na Figura 249 que a cobertura é composta de duas águas, onde a maior superfície está voltada para a orientação sul, com a finalidade de redução da densidade de radiação solar. A estrutura da cobertura é constituída por cinco camadas: telha cerâmica, camada de ar, placa metálica reciclada (alumínio), camada de ar e forro de madeira. A placa metálica determina uma barreira à radiação térmica, que contribui para reduzir a transmissão de calor pela cobertura. Adicionalmente, foi projetado um sistema de ventilação da cobertura (Figura 250),

através criação de aberturas de fácil operação, no beiral do lado sul e de aberturas permanentemente descerradas, no ponto mais alto do beiral da face

norte da edificação, que tem por objetivo a extração de ar quente durante o período de verão (através de ventilação convectiva).



Figura 249 – Fotografias do protótipo Alvorada

320

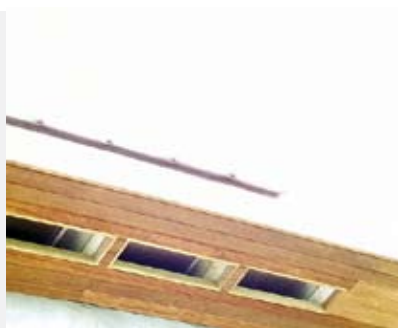


Figura 250 – Detalhes da ventilação de telhado (esquerda: placa metálica; centro: beiral superior; esquerda: beiral inferior)

A Tabela 15 apresenta um grupo de parâmetros térmicos que caracterizam as propriedades térmicas dos fechamentos ou componentes da edificação (GRIGOLETTI, 2007).

micas dos fechamentos ou componentes da edificação (GRIGOLETTI, 2007).

Fechamentos	Área S_i (m^2)	$\lambda \times \rho \times c$ ($\frac{kJ \times W}{m^4 K^2}$)	$ef_i = \sqrt{\lambda \times \rho \times c} \left(\frac{W \times s^{1/2}}{m^2 K} \right)$	$S_i \times ef_i$
Sala e cozinha				
tijolo	31,49	1.449,50	1.203,95	37.909,74
arg. de ver. + tijolo (0,12 m)	6,39	1.449,50	1.203,95	7.693,25
arg. de ver. + tijolo (0,23 m)	3,29	1.449,50	1.203,95	3.961,00
pilares	5,21	1.449,50	1.203,95	6.272,59
vigas	4,99	4.200,00	2.049,39	6.579,99
forro	17,65	120,60	347,28	6.129,41
piso	16,30	1.738,80	1.318,64	21.493,76
$\Sigma S_i =$	85,32		$\Sigma A \times ef_i =$	90.039,74
			$ef_{amb} = \frac{\Sigma_i (S_i \times ef_i)}{\Sigma S_i}$	$1.055,32 \left(\frac{W \times s^{1/2}}{m^2 K} \right)$
Dormitório norte				
tijolo	37,96	1.449,50	1.203,95	45.700,63
pilares	1,70	1.449,50	1.203,95	2.040,82
vigas	3,00	4.200,00	2.049,39	6.148,17
forro	9,00	120,60	347,28	3.125,48
piso	8,10	1.738,80	1.318,64	10.680,95
$\Sigma S_i =$	59,75		$\Sigma A \times ef_i =$	67.696,04
			$ef_{amb} = \frac{\Sigma_i (S_i \times ef_i)}{\Sigma S_i}$	$1.132,91 \left(\frac{W \times s^{1/2}}{m^2 K} \right)$

Tabela 15 – Características físicas das partições internas e fechamentos externos dos cômodos do protótipo Alvorada e sua respectiva efusividade térmica do ambiente ef_{amb}

Fechamentos	Área S_i (m^2)	$\lambda \times \rho \times c$ ($\frac{kJ \times W}{m^4 \text{ } ^\circ C^2}$)	$ef_i = \sqrt{\lambda \times \rho \times c} \left(\frac{W \times s^{1/2}}{m^2 K} \right)$	$S_i \times ef_i$
Dormitório leste				
tijolo	23,47	1.449,50	1.203,95	28.258,43
arg. de rev. + tijolo + arg. de rev.	7,06	2.300,00	1.516,58	10.670,32
pilares	0,56	1.449,50	1.203,95	672,77
vigas	3,00	4.200,00	2.049,39	6.148,17
forro	9,00	120,60	347,28	3.125,48
piso	8,10	1.738,80	1.318,64	10.680,95
$\Sigma S_i =$	51,17		$\Sigma A \times ef_i =$	59.556,12
			$ef_{amb} = \frac{\Sigma (S_i \times ef_i)}{\Sigma S_i}$	1.163,98 ($\frac{W \times s^{1/2}}{m^2 K}$)

Tabela 15 – Continuação

8.4.2.2 Materiais e métodos

Definição dos limites de conforto

Com a finalidade de avaliar o conforto térmico proporcionado pela edificação estudada, foram utilizados os limites da zona de conforto para países em desenvolvimento e de clima quente (GIVONI, 1992). Os limites de temperatura e umidade, considerados confortáveis por Givoni (1992), são traçados sobre uma carta psicrométrica (ver Figura 251). Em condições de baixa velocidade do ar (0,15 m/s para o inverno, e 0,25 m/s para o verão), o autor recomenda, para o interior das edificações, temperaturas variando entre 18 °C e 29 °C, conforme a estação do ano.

É admissível uma umidade variando de 4 g/kg a 15 g/kg de conteúdo de umidade no inverno, e de 4 g/kg a 17 g/kg no verão, nunca ultrapassando 80% de umidade relativa do ar.

Na Figura 251 é apresentada a zona de conforto de Givoni (1992), com a sua proposta de limites de temperatura e umidade relativa do ar, para países em desenvolvimento e de clima quente. Também sobre a carta psicrométrica, são identificadas outras oito zonas de estratégias, que orientam possibilidades de melhorias nas condições de conforto térmico e de redução no consumo de energia (L, Pereira e Dutra, 1997).

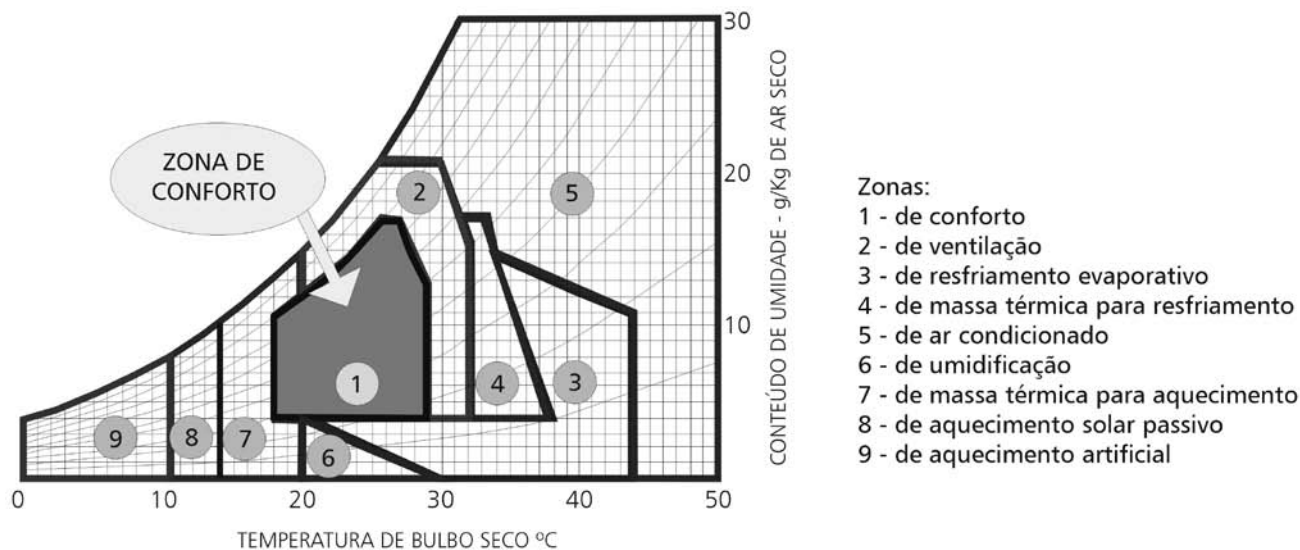


Figura 251 – Diagrama bioclimático proposto por Givoni (1992)

Bogo et al. (1994) realizaram um estudo no qual foram analisadas metodologias de avaliação de conforto, de vários autores, entre eles Watson e Labs, Olgyay, Givoni e Szokolay. Com base nesse estudo, os autores sugerem a adoção da Carta Bioclimática para Edifícios de Givoni, por entenderem que ela é a que melhor se adapta às condições brasileiras.

Lamberts, Pereira e Dutra (1997) propõem o lançamento dos valores horários de umidade relativa e temperatura do ar, do ano climático de referência (TRY), sobre a carta bioclimática, obtendo-se um conjunto de estratégias adequadas a cada período do ano. Tais autores aplicaram a proposta à cidade de Porto Alegre, tendo sido verificada uma ampla variação climática ao longo do ano. Constatou-se, também, que um percentual significativo das horas de descon-

forço é decorrente da alta umidade relativa (acima de 80%) e das baixas temperaturas (menores que 18 °C). Ao se extrair da carta os percentuais relativos a cada zona, observa-se que, em apenas 22,4% das horas do ano, haverá conforto térmico. No restante (77,5%), o desconforto se divide em 25,9% provocado pelo calor, e 51,6%, pelo frio.

Equipamento de medição

Para as medições *in loco* foi utilizado um analisador de ambientes interiores, da linha instrumental Babuc. Este compreende um conjunto de instrumentos, sensores, acessórios e programas para aquisição, visualização e memorização, que permite a dedução de uma variedade de grandezas físicas. As sondas conectadas ao Babuc/A foram calibradas na fábrica, em

conformidade com a norma ISO 7726 (1996). O equipamento foi recebido em novembro de 2002, e as medições se iniciaram no primeiro semestre de 2003.

8.4.2.3 Medições *in loco* e variáveis de uso

O equipamento de medição foi instalado no centro da sala/cozinha, sobre um tripé, sendo os sensores posicionados a, aproximadamente, 1,10 m de altura em relação ao piso da edificação. As sondas foram programadas para registrar valores em intervalos horários, durante todo o período de estudo.

Devido ao grande risco de roubo do equipamento, decorrente da inexistência de guardas ou seguranças no local, optou-se por manter as janelas fechadas durante todo o período de medição. Com relação às portas internas, elas permaneceram abertas, permitindo a livre circulação do ar entre os compartimentos.

As portinholas de ventilação existentes no beiral sul da cobertura foram abertas no dia 11 de novembro de 2003, quando se observou uma elevação sensível da temperatura do ar externo (neste dia a temperatura do ar interno ultrapassou os 28 °C pela primeira vez). Durante os seis meses seguintes as portinholas foram mantidas abertas, assim permanecendo até o dia 11 de maio de 2004, quando, novamente, foram fechadas até o final do período de medições.

Salienta-se que a edificação foi monitorada sem que houvesse nenhum ocupante em seu interior. Sempre que ocorriam visitas ao protótipo, a seqüência de dados, no período em que os visitantes estavam no interior do protótipo e nas horas subseqüentes, era desconsiderada. O protótipo não dispunha

de nenhum aparelho elétrico, lâmpada ou qualquer outro tipo de equipamento que pudesse caracterizar uma fonte geradora de calor em seu interior (a não ser o próprio equipamento de medição). Observa-se que, em uma situação real de uso, esses equipamentos podem elevar significativamente a temperatura interna (LITTLER; THOMAS, 1984).

Dados externos

As medições externas foram realizadas em uma estação meteorológica localizada a, aproximadamente, 500 m do local onde está construído o protótipo. O equipamento efetuou o registro de dados, a cada 15 minutos, durante as 24 horas do dia. A coleta foi realizada, mensalmente, pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), da UFRGS.

Os dados fornecidos pela estação meteorológica da UFRGS incluíam: temperatura do ar; temperatura de orvalho; radiação solar; velocidade e direção do vento; umidade relativa do ar; e precipitação, entre outros. Nesta seção, são apresentados apenas os dados referentes à temperatura do ar e à umidade relativa.

Tratamento dos dados

Os dados externos e internos foram organizados em planilhas do software Excel®, nas quais também foram quantificadas as horas de conforto e desconforto, e gerados histogramas. Também foi utilizado o programa Analysis Bio 2.1.1, desenvolvido pela equipe do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, da Universidade Federal de Santa Catarina, para plotar os valores de umidade relativa e temperatura do ar sobre a carta psicrométrica.

8.4.2.4 Resultados

O período de medições, considerado neste estudo, teve início às 12h do dia 12 de maio de 2003 e prosseguiu até as 11h do dia 12 de maio de 2004. Esse intervalo corresponde a um total de 366 dias de medições (o ano 2004 foi bissexto), ou 8.784 registros horários. Entretanto, devido a uma falha no equipamento de armazenamento de dados da estação meteorológica do IPH, foram perdidas 352 horas de medição, compreendidas entre 29 de outubro e 13 de novembro de 2003.

No que concerne aos dados internos, em 336 horas do período de medição, deixou-se de registrar ou se desconsideraram os dados de temperatura do ar (seja devido à presença de visitantes no protótipo, a paralisações de manutenção ou a falhas de leitura). Pelos mesmos motivos, só que por um período de 579 horas, não foram registrados dados de umidade relativa do ar.

Com isso, para cada variável ambiental externa, foram registrados 8.432 dados, enquanto nas medições internas foram registrados 8.448 valores de temperatura de bulbo seco e 8.205 valores de umidade relativa do ar. Deve-se salientar que as falhas na leitura da temperatura de bulbo seco foram sempre simultâneas às interrupções das medições de umidade relativa do ar.

Resposta da edificação às variações de temperatura externa

No trabalho de doutorado de Grigoletti (2007), a autora realiza uma análise detalhada da resposta térmica da edificação às variações externas de tempera-

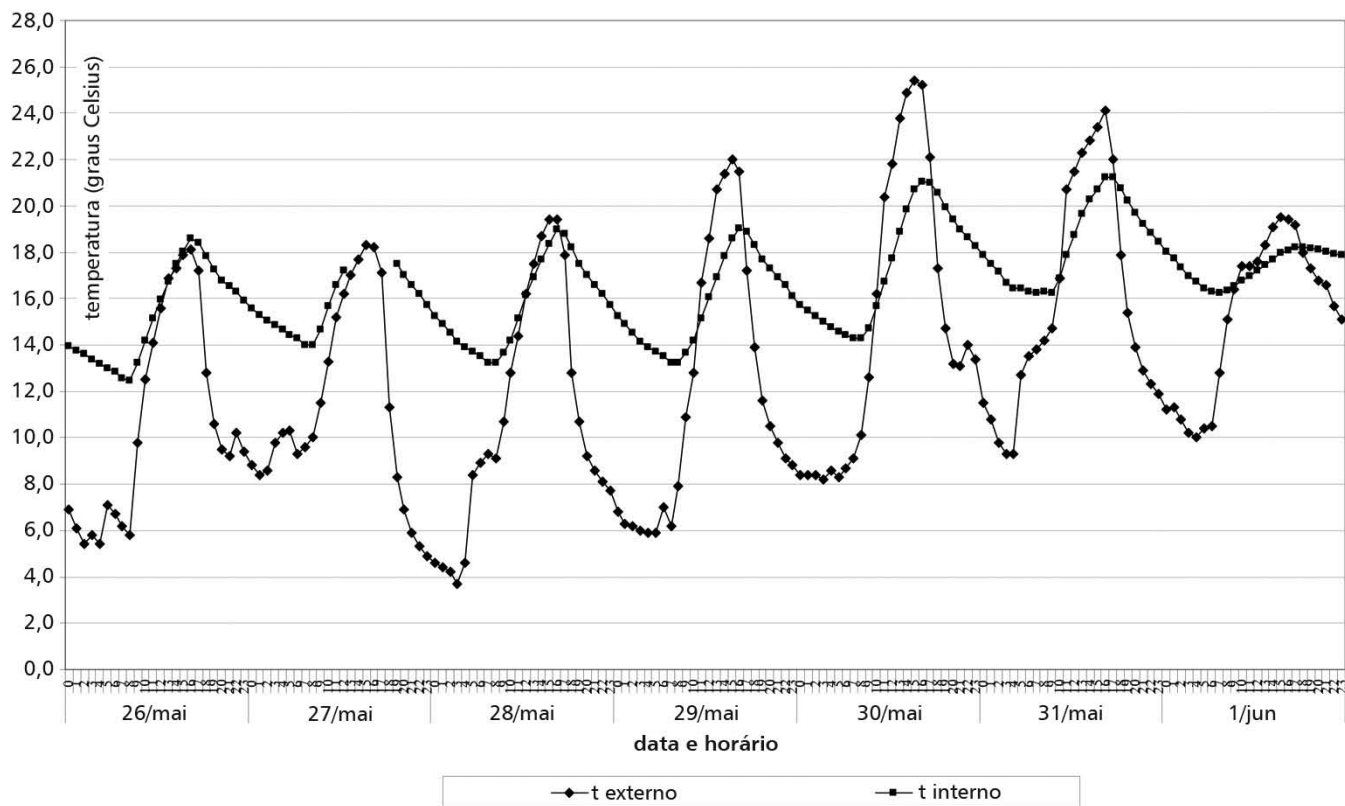
tura, considerando as diferentes estações do ano e as diversas seqüências de temperatura do ar externo.

- Seqüências de dias consecutivos com amplitudes de temperatura do ar externo superiores a 10,0 K

Nos três períodos identificados pelas Figuras 252 a 254 ocorreram dias com variações de amplitude de temperatura do ar externo superiores a 10,0 K, podendo se observar que a temperatura do ar interno, na maior parte dos períodos, mantém-se próxima das máximas registradas no meio exterior.

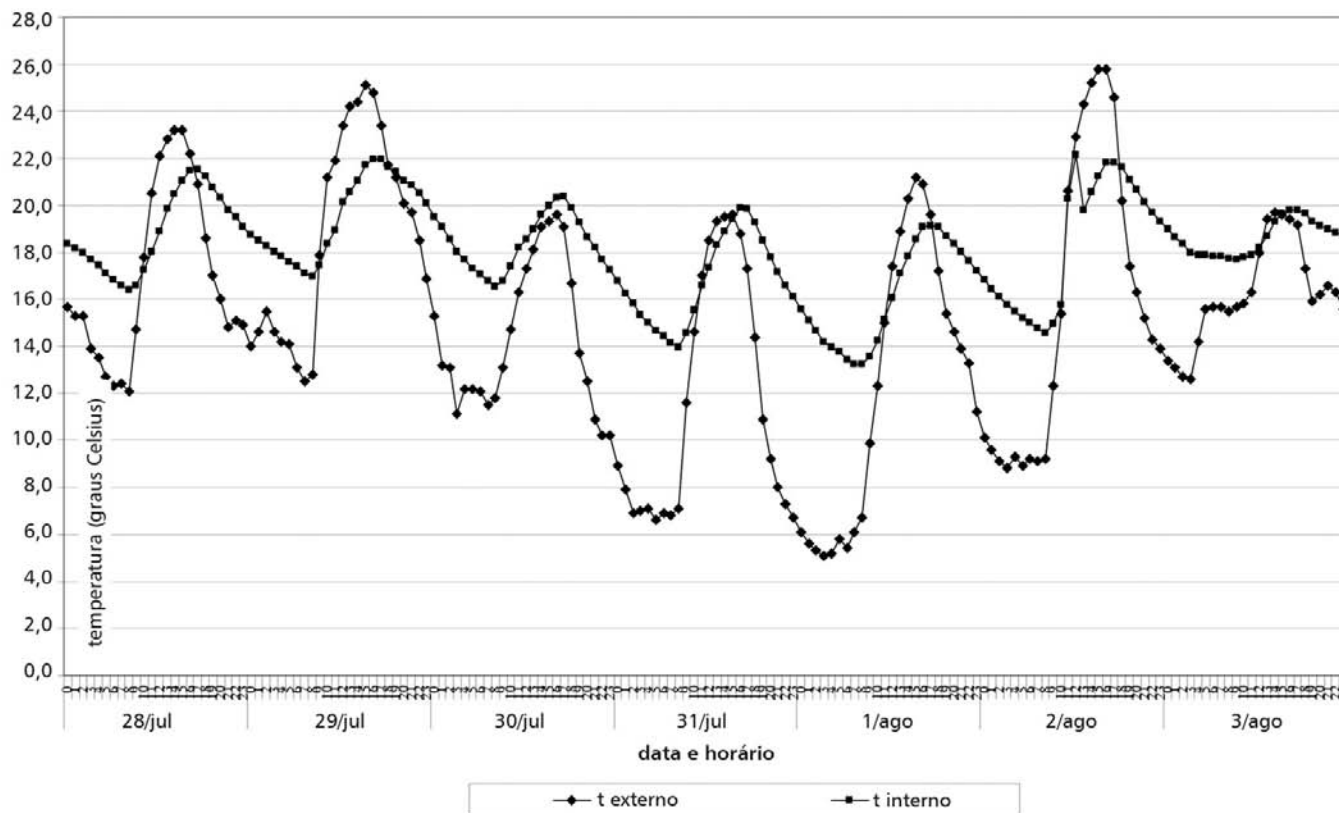
Observa-se, porém, que, à medida que a temperatura do ar externo t_e aumenta, a temperatura máxima do ar interno se afasta da máxima registrada no meio exterior. A temperatura média mínima do ar externo é de 10,7 °C (correspondente ao dia 26 de maio), enquanto a temperatura média mínima do ar interno é de 15,3 °C. A amplitude máxima de onda de temperatura do ar externo é de 17,2 K, enquanto a amplitude máxima de onda de temperatura do ar interno é de 6,8 K para o mesmo dia (correspondente ao dia 30 de maio). Para os dias 28 e 29 de maio, há amplitudes de onda de temperatura do ar externo de 15,7 K e de 16,1 K, enquanto no meio interior a amplitude atinge 5,8 K. Comportamento similar é verificado nas seqüências ilustradas nas Figuras 253 a 256.

No caso da seqüência apresentada na Figura 253, a temperatura média mínima do ar externo é de 11,6 °C (31 de julho), enquanto a temperatura média mínima do ar interno é de 16,1 °C (1º de agosto). A amplitude máxima de onda de temperatura do ar



Variáveis	27 maio		28 maio		29 maio		30 maio		31 maio	
	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.
temp. externa (°C)	18,3	4,9	19,5	3,7	22,0	5,9	25,4	8,2	24,1	9,3
temp. interna (°C)	17,5	14,0	19,0	13,2	19,0	13,2	21,1	14,3	21,2	16,2
atraso térmico (h)	-	8	0	5	1	3	1	4	1	4
amortecimento	0,26		0,32		0,36		0,40		0,34	

Figura 252 – Comportamento térmico do protótipo Alvorada, entre 26 de maio e 1º de junho de 2003, conforme dados de Morello (2005)



Variáveis	29 julho		30 julho		31 julho		1º agosto		2 agosto	
	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.
temp. externa (°C)	25,1	12,5	19,6	11,5	19,6	6,6	21,2	5,1	25,8	8,8
temp. interna (°C)	22,0	17,0	20,4	16,5	19,9	14,0	19,1	13,3	22,1	14,6
atraso térmico (h)	1	1	5	1	1	3	1	4	1	5
amortecimento	0,40		0,48		0,46		0,37		0,45	

Figura 253 – Comportamento térmico do protótipo Alvorada entre 28 de julho e 3 de agosto de 2003, conforme dados de Morello (2005)

externo é de 17,0 K, enquanto a amplitude máxima de onda de temperatura do ar interno é de 7,6 K para o mesmo dia (2 de agosto). A temperatura do ar externo t_e sofre uma queda a partir do terceiro dia da seqüência (dia 30 de julho). A temperatura máxima do ar interno é praticamente igual à temperatura máxima do ar externo no terceiro e quarto dias da seqüência (19,6 °C e 20,4 °C, 19,6 °C e 19,9 °C, respectivamente), indicando um coeficiente de amortecimento maior para as temperaturas mínimas do que para as temperaturas máximas do ar externo. A temperatura máxima do ar interno, no quinto dia (1° de agosto), se afasta da temperatura máxima do ar externo em decorrência da queda registrada para as temperaturas mínimas do ar externo e um aumento da amplitude de onda de temperatura do ar externo (de 13,0 K para 16,1 K nos dias 31 de julho e 1° de agosto, respectivamente).

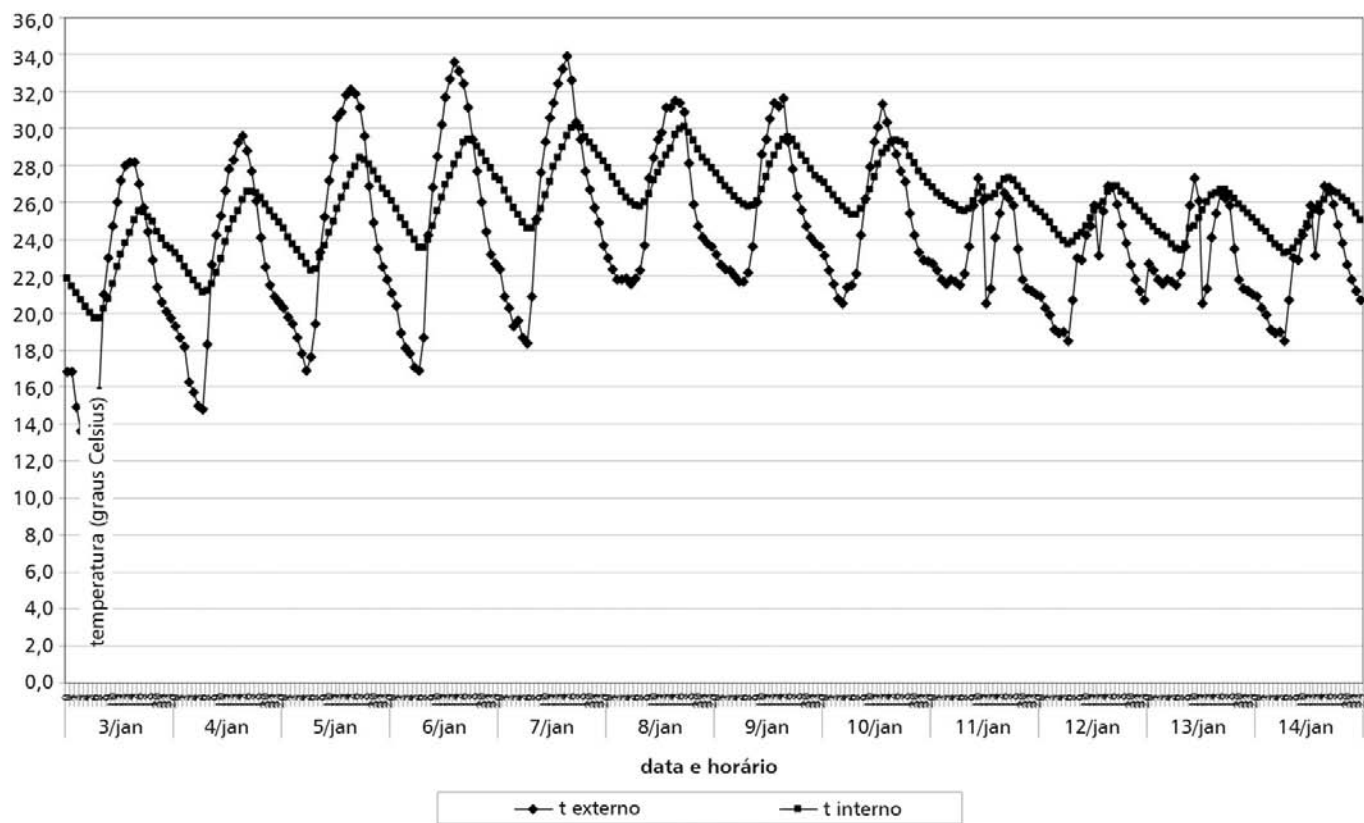
Na Figura 254, verifica-se uma temperatura média máxima do ar externo de 26,0 °C (7 de janeiro). A temperatura média máxima do ar interno é de 27,8 °C (8 de janeiro). A amplitude máxima de onda de temperatura do ar externo é de 16,7 K (6 de janeiro), enquanto a amplitude máxima do ar interno é de 6,1 K (5 de janeiro). Para essa seqüência de dias considerados quentes, a temperatura do ar interno t_i se mantém praticamente dentro do intervalo de temperaturas da zona de conforto de Givoni (1992).

- Seqüências de dias consecutivos com temperaturas do ar externo t_e variando de menos de 18,0 °C a mais de 29,0 °C

A seguir, são apresentadas seqüências de dias em

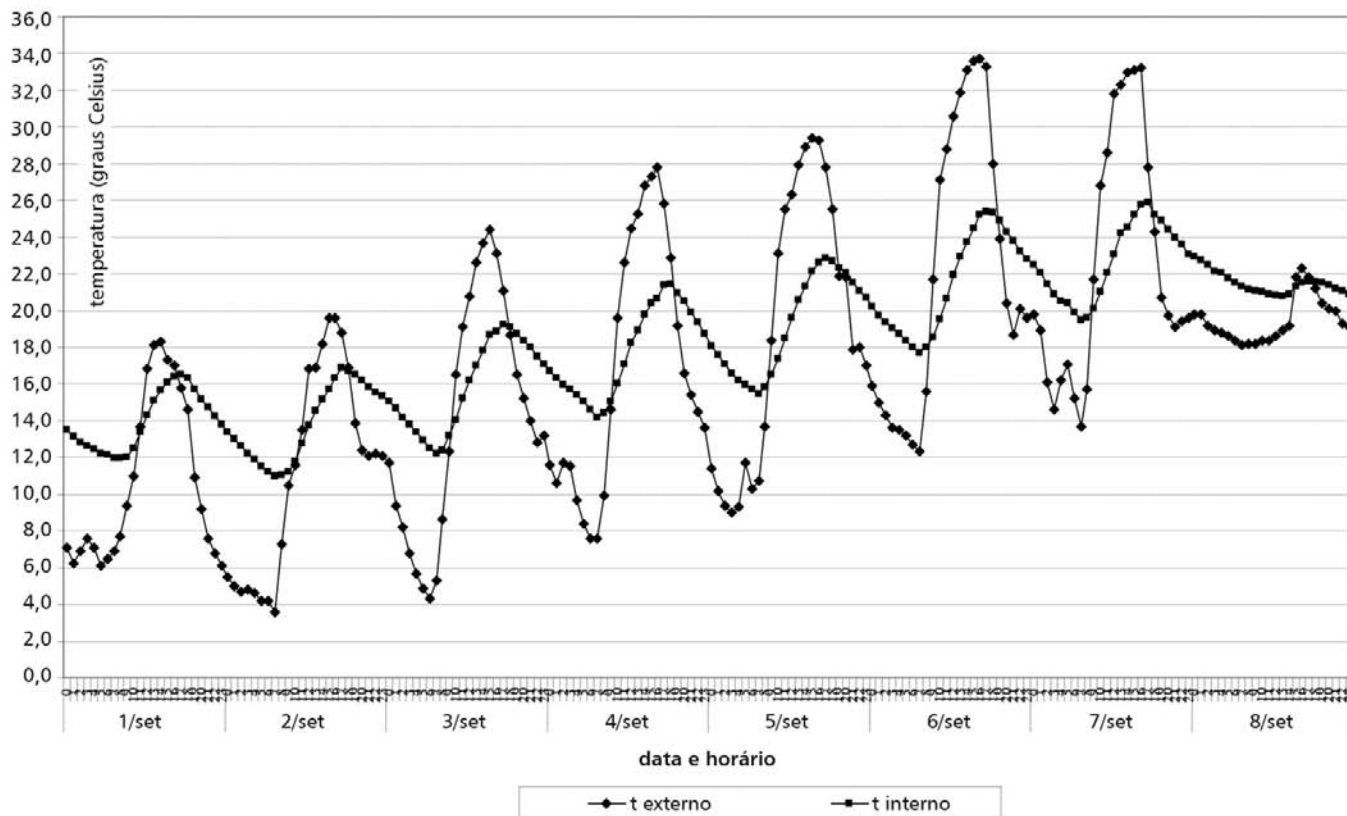
que a temperatura do ar externo t_e varia de um valor máximo superior a 29,0 °C a um valor mínimo inferior a 18,0 °C, ou seja, há, em um dia, condições de temperatura do ar externo acima e abaixo dos limites superior e inferior da zona de conforto de Givoni (1992), respectivamente. São apresentadas duas seqüências de dias com essas características: 1° de setembro de 2003 a 8 de setembro de 2003 e 8 de outubro de 2003 a 19 de outubro de 2003. Para essas seqüências, é considerado um conjunto de, no mínimo, oito dias consecutivos, embora não tenham se verificado as variações acima descritas em todos os dias selecionados. No entanto, em pelo menos dois dias consecutivos se verificam mudanças diárias de temperatura como as descritas.

A seqüência mostrada na Figura 255 identifica um aumento contínuo de temperatura média do ar externo de 10,6 °C, até alcançar 22,4 °C, no sétimo dia do período, para, a partir de então, cair no sétimo e oitavo dias para 19,5 °C e 21,4 °C, respectivamente. A temperatura média do ar interno varia de 13,9 °C a 22,7 °C ao alcançar o quinto dia, caindo para 21,5 °C nos dois dias subseqüentes. Segundo dados ilustrados na Figura 255, inicialmente a temperatura do ar interno t_i se mantém próxima à temperatura máxima do ar externo no início da seqüência (condição de frio), gradualmente se aproximando da temperatura mínima do ar externo nos três últimos dias da mesma (condição de calor). A menor temperatura mínima do ar externo para essa seqüência é 3,6 °C, em 2 de setembro, e a maior temperatura mínima do ar externo é 18,1 °C, em 8 de setembro. Para o meio interior, têm-se, respectivamente, 11,0 °C e 20,8 °C. As amplitudes máximas de onda de temperatura do ar



Variáveis	3 janeiro		4 janeiro		5 janeiro		6 janeiro		7 janeiro	
	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.
temp. externa (°C)	28,2	12,2	29,6	14,8	32,1	16,9	33,5	16,9	33,9	18,4
temp. interna (°C)	25,5	19,7	29,9	21,1	28,4	22,3	29,4	23,5	30,1	24,6
atraso térmico (h)	1	1	1	0	2	1	3	1	2	0
amortecimento	0,36		0,37		0,40		0,35		0,35	

Figura 254 – Comportamento térmico do protótipo Alvorada entre 3 de janeiro e 14 de janeiro de 2004, conforme dados de Morello (2005)



Variáveis	3 setembro		4 setembro		5 setembro		6 setembro		7 setembro	
	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.
temp. externa (°C)	24,4	4,3	27,8	7,6	29,4	9,0	33,7	12,3	33,2	13,7
temp. interna (°C)	19,3	12,2	21,5	14,2	22,9	15,5	25,4	17,7	25,9	19,5
atraso térmico (h)	1	2	2	1	2	4	1	0	1	0
amortecimento	0,35		0,36		0,36		0,36		0,33	

Figura 255 – Comportamento térmico do protótipo Alvorada entre 1º de setembro e 8 de setembro de 2003, conforme Morello (2005)

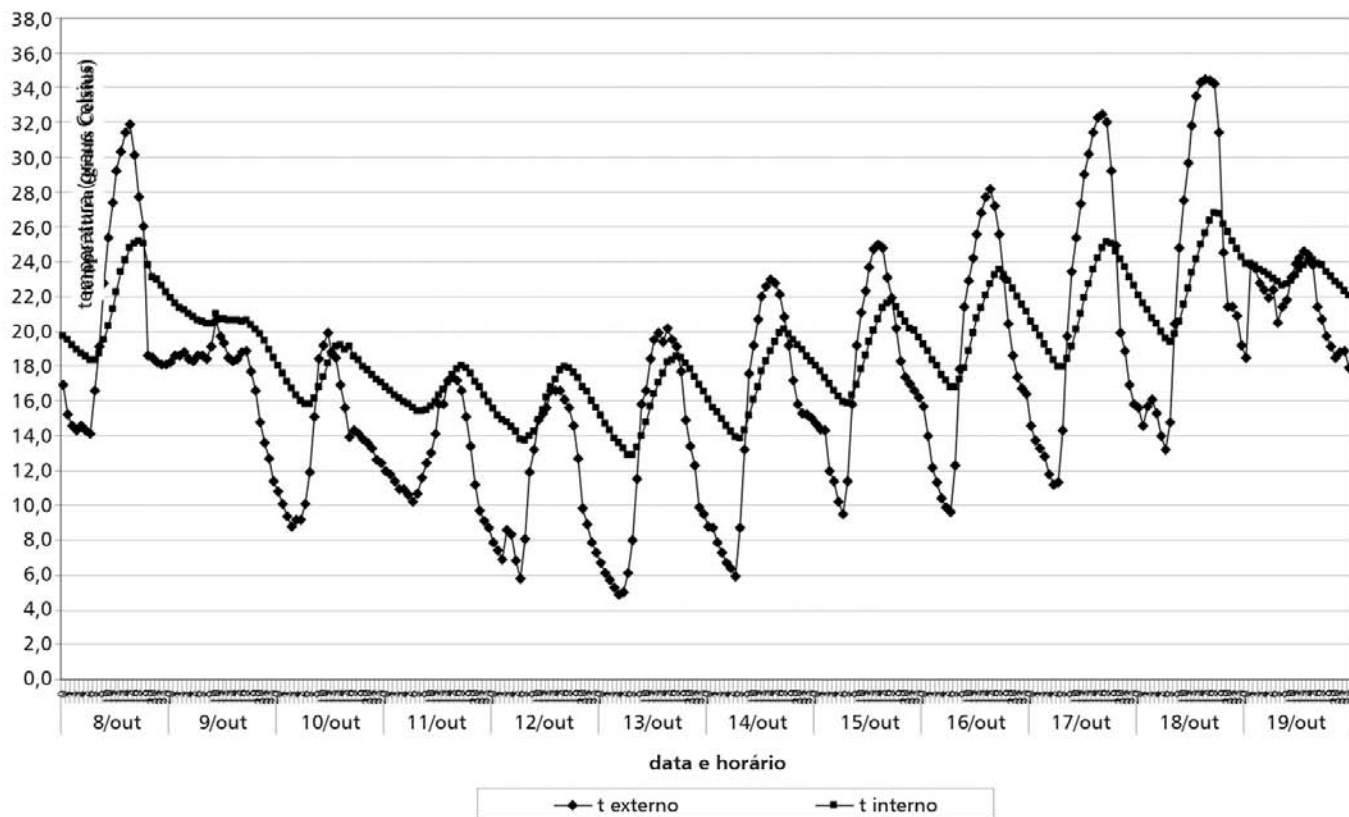
externo e do ar interno ocorrem no mesmo dia (6 de setembro), sendo de 21,4 K e 7,7 K, respectivamente. A temperatura mínima do ar interno se mantém entre 11,0 °C e 19,5 °C entre os dias 1º a 7 de setembro, apresentado-se por seis dias consecutivos abaixo de 18,0 °C, mesmo com a temperatura máxima do ar externo atingindo valores de 30 °C em três dias consecutivos da seqüência (4 a 6 de setembro). A grande capacidade de amortecimento de amplitude de onda de temperatura do ar externo é verificada para todo o conjunto de seqüências analisadas, com valores entre 0,33 e 0,35.

A seqüência mostrada na Figura 256 é caracterizada por um aumento contínuo de temperatura média do ar externo a partir do dia 12 de outubro, variando de 11,4 °C até 23,5 °C, no dia 18 de outubro, no décimo primeiro dia da seqüência. A temperatura média do ar interno varia de 15,8 °C, no dia 12 de outubro, a 23,3 °C, no dia 19 de outubro. De acordo com a Figura 256, inicialmente a temperatura do ar interno t_i se mantém próxima à temperatura máxima do ar externo no início da seqüência, aproximando-se da temperatura mínima do ar externo nos dias 17 e 18 de outubro. A menor temperatura mínima do ar externo para essa seqüência é de 4,9 °C, em 13 de outubro, e a maior temperatura mínima do ar externo é de 17,9 °C, em 19 de outubro. Para o meio interior, têm-se, respectivamente, 12,9 °C e 22,1 °C. A amplitude máxima de onda de temperatura do ar externo é de 21,3 K (17 e 18 de outubro), enquanto a amplitude máxima de onda de temperatura do ar interno é de 7,4 K (18 de outubro).

- Seqüências de dias caracterizados por ondas de frio ou de calor

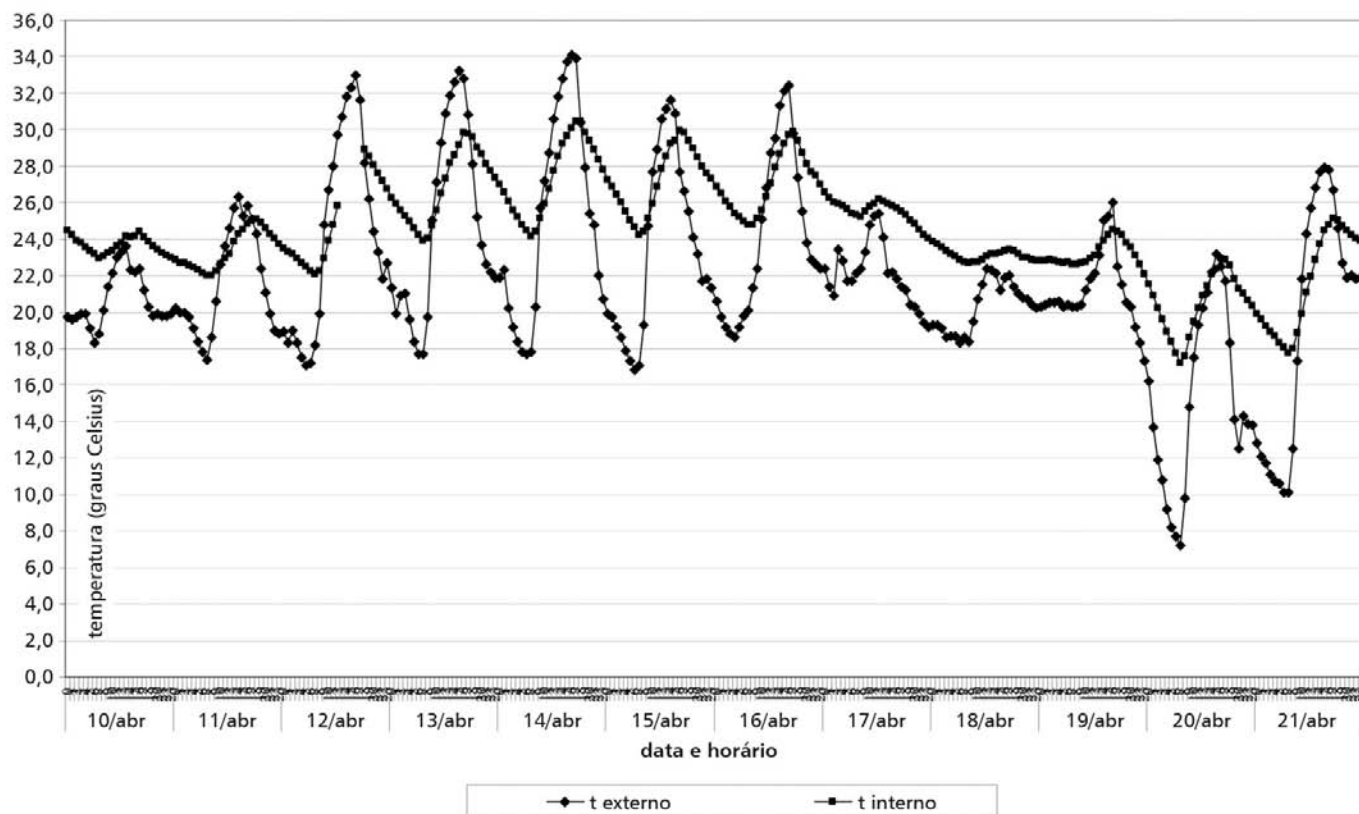
As seqüências que se seguem mostram a resposta da edificação ante as ondas de frio ou de calor. A Figura 257 se refere à seqüência de dias consecutivos de 10 de abril a 21 de abril de 2004 (onda de frio); a Figura 257, à seqüência de 14 de agosto a 28 de agosto de 2003 (onda de calor, seguida de onda de frio); a Figura 259, à seqüência de 28 de agosto a 7 de setembro de 2003 (onda de calor); a Figura 260, à seqüência de 5 de setembro a 11 de setembro de 2003 (onda de frio); a Figura 261 correspondente à seqüência de 19 de outubro a 26 de outubro de 2003; e a Figura 262 correspondente à seqüência de 16 de novembro a 23 de novembro de 2003. Essas figuras ilustram, pois, quedas bruscas nas temperaturas mínimas do ar externo e complementam a análise do comportamento térmico do protótipo Alvorada.

Após cinco dias consecutivos considerados quentes (12 a 16 de abril), a partir do dia 17 de abril, há uma queda da temperatura máxima do ar externo, mantendo-se a temperatura mínima do ar externo aproximadamente estável. A partir do décimo primeiro dia, a temperatura mínima do ar externo sofre uma queda de 10,1 K, enquanto a temperatura máxima se mantém relativamente estável. A temperatura do ar interno t_i , por sua vez, se mantém próxima das temperaturas máximas externas, assumindo um valor mínimo de 17,2 °C, em 20 de abril. Essa seqüência de dias é caracterizada por amplitudes de onda de temperatura do ar externo significativas, atingindo o valor de 16,4 K em 16 de abril e de 17,8 K em 21 de abril. A amplitude de onda de temperatura do ar



Variáveis	14 outubro		15 outubro		16 outubro		17 outubro		18 outubro	
	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.
temp. externa (°C)	23,0	5,9	25,0	9	28,2	9,3	32,5	11,2	34,5	13,2
temp. interna (°C)	20,1	13,9	21,8	15,9	23,6	16,8	25,1	17,9	26,8	19,4
atraso térmico (h)	3	0	3	1	2	0	1	1	2	1
amortecimento	0,36		0,38		0,37		0,34		0,35	

Figura 256 – Comportamento térmico do protótipo Alvorada entre 8 de outubro e 19 de outubro de 2003, conforme dados de Morello (2005)



Variáveis	16 abril		17 abril		18 abril		19 abril		20 abril	
	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.
temp. externa (°C)	32,4	18,6	25,	21,7	22,4	18,3	26,0	20,3	23,2	7,2
temp. interna (°C)	29,9	24,8	26,1	25,2	23,4	22,7	24,6	22,6	23,0	17,2
atraso térmico (h)	1	3	1	3	4	1	0	2	0	1
amortecimento	0,37		0,24		0,17		0,35		0,36	

Figura 257 – Comportamento térmico do protótipo Alvorada entre 10 de abril e 21 de abril de 2004, conforme dados de Morello (2005)

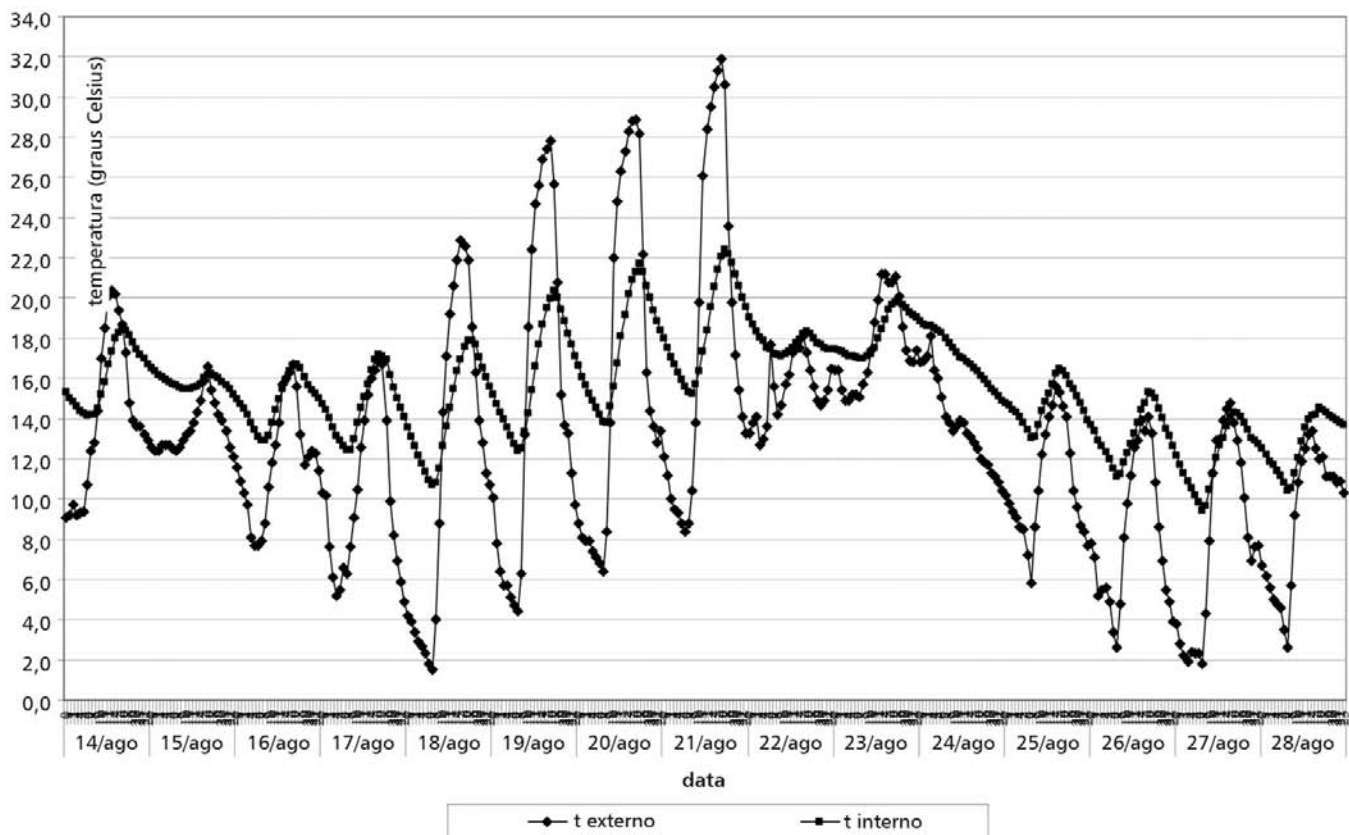
interno atinge, para esses dias, 6,3 K e 7,3 K, respectivamente. Em 24 horas há uma queda na temperatura máxima do ar externo de 32,4 °C para 25,4 °C (16 e 17 de abril) e queda de temperatura mínima do ar externo de 17,6 °C para 7,2 °C (19 a 20 de abril). Há uma resposta rápida da edificação à queda de temperatura. A queda da temperatura mínima do ar externo só se verifica a partir do quarto dia após o início do fenômeno de onda de frio. A partir desse dia, há quedas da temperatura do ar interno t_i , com temperaturas mínimas atingindo valores abaixo dos 10,0 °C. As temperaturas médias do ar externo variam de 24,4 °C, em 16 de abril, para 15,2 °C, em 20 de abril. As temperaturas médias do ar interno variam de 27,0 °C, em 16 de abril, para 20,4 °C, em 20 de abril.

A seqüência de dias apresentada na Figura 258 se caracteriza por uma elevação gradual da temperatura média do ar externo por cerca de cinco dias (17 a 21 de agosto), seguida de uma queda de temperatura média do ar externo por aproximadamente seis dias consecutivos (22 a 27 de agosto). Nessa seqüência de dias, a temperatura mínima do ar externo atinge valores de 2,6 °C e 1,8 °C nos últimos três dias da seqüência (26, 27 e 28 de agosto). No dia 21 de agosto, a temperatura máxima do ar externo atinge o valor de 31,9 °C, e a temperatura mínima do ar externo é de 8,4 °C, com uma amplitude de onda de temperatura do ar externo de 23,5 K. Valores superiores a 20,0 K de amplitude de onda de temperatura do ar externo também se verificam para os dias 18, 19 e 20 de agosto. A temperatura mínima do ar interno atinge um valor mínimo de 9,4 °C em 27 de agosto e uma amplitude máxima de onda de temperatura do ar interno de 8,0 K em 19 de agosto.

A temperatura máxima do ar interno assume um valor máximo de 22,4 °C em 21 de agosto. A temperatura diária média do ar interno se mantém sempre acima da temperatura diária média do ar externo.

A partir do dia 18 de agosto há uma elevação contínua da temperatura do ar externo t_e , mínima e máxima. Devido à grande amplitude de onda de temperatura do ar externo dos dias 18, 19, 20 e 21 de agosto, com redução das temperaturas mínimas do ar externo após 17 de agosto, a temperatura do ar interno t_i não se eleva de maneira significativa (mantém-se, em boa parte dos horários, abaixo dos 18,0 °C, para 18 e 19 de agosto) e apresenta temperatura média inferior à temperatura média do ar externo.

Em 24 horas, ocorre uma queda de temperatura máxima do ar externo de 31,9 °C para 18,1 °C (dias 21 e 22 de agosto). A partir do dia 24 de agosto, há uma queda contínua da temperatura do ar externo, de aproximadamente 18 °C (às 3 horas) a 10 °C (às 23 horas). A temperatura do ar interno também decresce, no entanto a diferença entre esta e a temperatura do ar externo aumenta à medida que se verifica a redução desta última (a diferença cresce de 0,5 K, às 3 horas, para 4,5 K, às 23 horas). A queda da temperatura mínima do ar externo se verifica a partir do quarto dia após o início do fenômeno de onda de frio. A partir desse dia, há quedas da temperatura do ar interno t_i , com temperaturas mínimas atingindo valores abaixo dos 10,0 °C, em 27 de agosto. As temperaturas médias do ar externo variam de 18,1 °C, em 21 de agosto, a 10,8 °C, em 25 de agosto. As temperaturas médias do ar interno variam de 18,6 °C, em 21 de agosto, a 14,8 °C, em 25 de agosto.



Variáveis	16 agosto		17 agosto		18 agosto		19 agosto		20 agosto	
	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.
temp. externa (°C)	16,7	7,7	16,8	5,2	22,9	1,5	27,8	4,4	28,9	6,4
temp. interna (°C)	16,7	12,9	17,2	12,5	17,9	10,7	20,4	12,4	21,7	13,8
atraso térmico (h)	0	1	0	2	2	0	1	0	1	1
amortecimento	0,42		0,41		0,34		0,34		0,35	

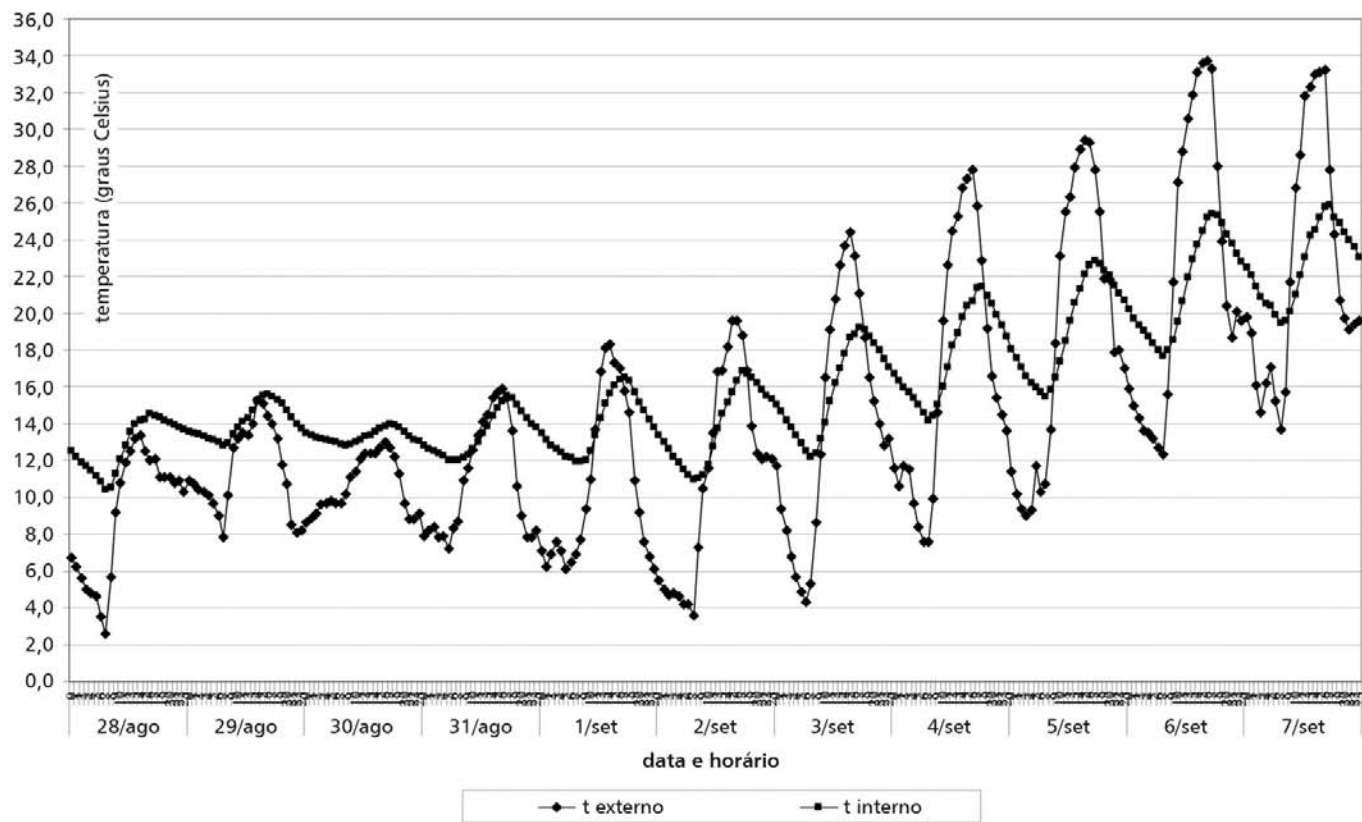
Figura 258 – Comportamento térmico do protótipo Alvorada entre 14 de agosto e 28 de agosto de 2003, conforme dados de Morello (2005)

Variáveis	21 agosto		22 agosto		23 agosto		25 agosto		26 agosto	
	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.
temp. externa (°C)	31,9	8,4	18,1	12,7	21,2	14,9	15,6	5,8	14,1	2,6
temp. interna (°C)	22,4	15,3	18,3	17,1	19,9	17,0	16,5	13,0	15,3	11,1
atraso térmico (h)	1	1	1	6	4	4	1	0	0	0
amortecimento	0,30		0,22		0,44		0,36		0,37	

Figura 258 – Continuação

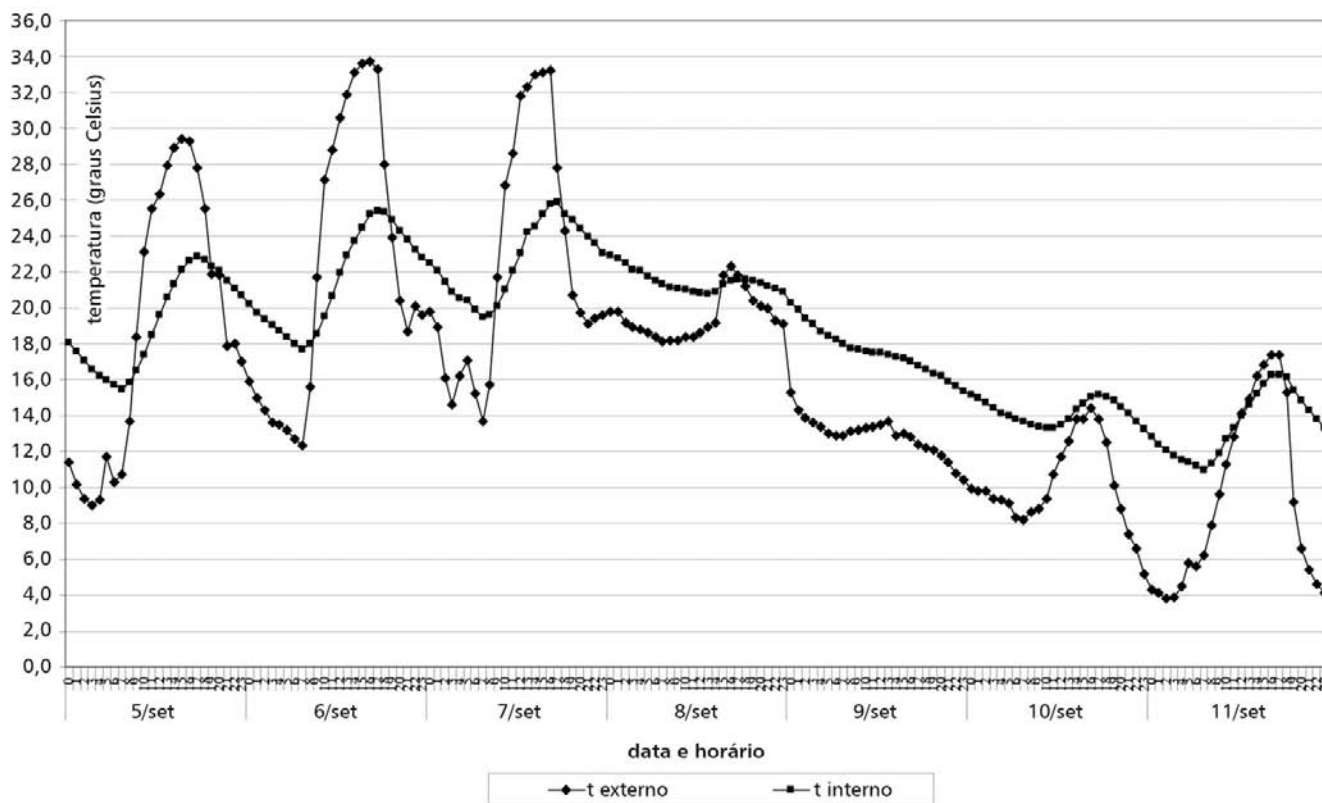
A Figura 259 permite uma análise de uma onda de calor, onde a temperatura média do ar externo varia de 9,1 °C a 22,4 °C, e com a temperatura máxima do ar externo variando de 13,4 °C (28 de agosto) a 33,7 °C (6 de setembro), acompanhada da variação da temperatura mínima do ar externo, de 2,6 °C (28 de agosto) a 13,7 °C (7 de setembro). A temperatura média do ar interno varia de 12,8 °C a 22,7 °C, alcançando a temperatura máxima do ar interno de 25,9 °C, em 7 de setembro, e temperatura mínima do ar interno de 10,4 °C, em 28 de agosto. A amplitude de onda de temperatura do ar externo atinge valores superiores a 20,0 K em quatro dias consecutivos: 3, 4, 5 e 6 de setembro. A temperatura do ar interno t_i se mantém abaixo dos 18,0 °C por seis dias consecutivos. Apesar da redução das temperaturas mínimas do ar externo registradas, a partir de 31 de agosto, a temperatura do ar interno se mantém mais próxima das máximas do que das mínimas. Mas, à medida que a temperatura do ar externo aumenta, a temperatura do ar interno se afasta das máximas registradas no meio exterior.

A Figura 260 apresenta uma seqüência de dias com temperaturas máximas do ar externo de 33,7 °C, seguidas de uma queda de temperatura por três dias consecutivos (8 a 10 de setembro), com temperaturas máximas atingindo o valor de 14,3 °C (9 de setembro) e temperaturas mínimas caindo a 3,8 °C (11 de setembro). A temperatura mínima do ar interno registrada nessa seqüência de dias é de 11,0 °C, para o dia 11 de setembro, e a temperatura máxima do ar interno é de 25,9 °C, para o dia 7 de setembro. A temperatura média do ar externo varia de 22,4 °C, em 7 de setembro, a 13,7 °C, em 10 de setembro. A temperatura média do ar interno varia de 22,7 °C a 14,2 °C nos dois dias citados. A temperatura do ar interno, nos dias 8, 9 e 10 de setembro se mantém acima dos valores registrados pela temperatura do ar externo em praticamente todos os horários. Em 24 horas, há uma queda de temperatura do ar externo t_e de 33,2 °C para 22,3 °C (dias 7 e 8 de setembro). A temperatura do ar interno t_i , após a queda de temperatura do ar externo t_e , se mantém praticamente sempre acima desta segunda, embora abaixo dos 18,0 °C nos três últimos dias da seqüência.



Variáveis	2 setembro		3 setembro		4 setembro		5 setembro		6 setembro	
	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.
temp. externa (°C)	19,6	3,6	24,4	4,3	27,8	7,6	29,4	9	3,7	12,3
temp. interna (°C)	16,9	11,0	19,3	12,2	21,5	14,2	22,9	15,5	25,4	17,7
atraso térmico (h)	1	0	1	2	2	1	2	4	1	0
amortecimento	0,37		0,35		0,36		0,36		0,36	

Figura 259 – Comportamento térmico do protótipo Alvorada, entre 28 de agosto e 7 de setembro de 2003, conforme dados de Morello (2005)



Variáveis	20 outubro		21 outubro		22 outubro		23 outubro		24 outubro	
	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.
temp. externa (°C)	21,3	15,0	23,9	16,7	23,9	17,1	26,7	7,3	31,6	11,6
temp. interna (°C)	22,0	20,0	22,9	19,6	24,2	20,1	22,9	16,7	26,1	18,5
atraso térmico (h)	1	5	0	2	0	2	1	0	1	0
amortecimento	0,32		0,46		0,60		0,31		0,38	

Figura 260 – Temperatura do ar externo t_e e temperatura do ar interno t_i entre 5 de setembro de 2003 e 11 de setembro de 2003, conforme dados obtidos de Morello (2005)

A Figura 261 apresenta uma seqüência de dias em que ocorre elevação de temperatura do ar externo t_e , que varia de um valor de 21,3 °C (20 de outubro) a 31,6 °C (24 de outubro), com aumento significativo da amplitude de onda de temperatura do ar externo de aproximadamente 6 K a 20 K. A amplitude de onda de temperatura do ar interno varia, aproximadamente, de 2 K a 8 K. Também se verifica uma variação significativa entre as temperaturas mínimas do ar externo, que variam em 9,8 °C do dia 22 de outubro ao dia 23 de outubro.

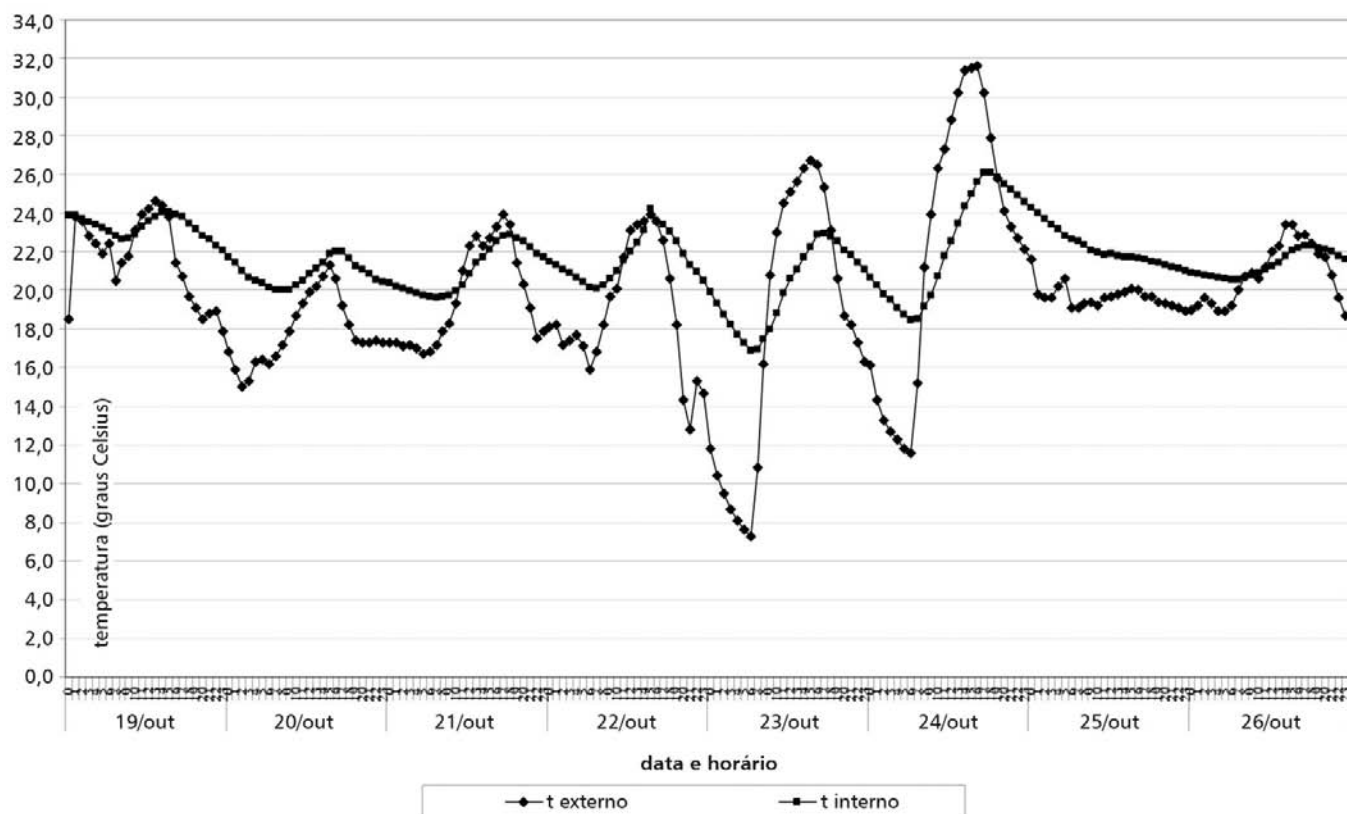
A seqüência apresentada na Figura 262 se caracteriza por uma queda de temperatura mínima do ar externo, verificada entre os dias 19 de novembro e 21 de novembro, que cai de 17,9 °C a 6,7 °C, com uma variação de 11,2 K. O mesmo não acontece com a temperatura máxima do ar externo, que sofre pequena variação entre os dias 19 e 21 de novembro. A temperatura do ar interno, t_i , mantém-se próxima das máximas temperaturas registradas no meio exterior, atingindo um valor mínimo de 16,5 °C no dia 21 de novembro e um valor máximo de 23,0 °C nos dias 20 e 21 de novembro. A amplitude de onda de temperatura do ar externo atinge um valor máximo de 20,0 K (22 de novembro), enquanto, para o meio interior, a amplitude atinge o máximo de 9,6 K para o mesmo dia.

- Comparação entre a temperatura do ar interno e a temperatura de globo

Morello (2005) realizou a análise comparativa entre a temperatura do ar interno, t_i , e a temperatura de globo, t_{globo} , para o cômodo sala e cozinha, para os quatro períodos em que dividiu o ano das medições

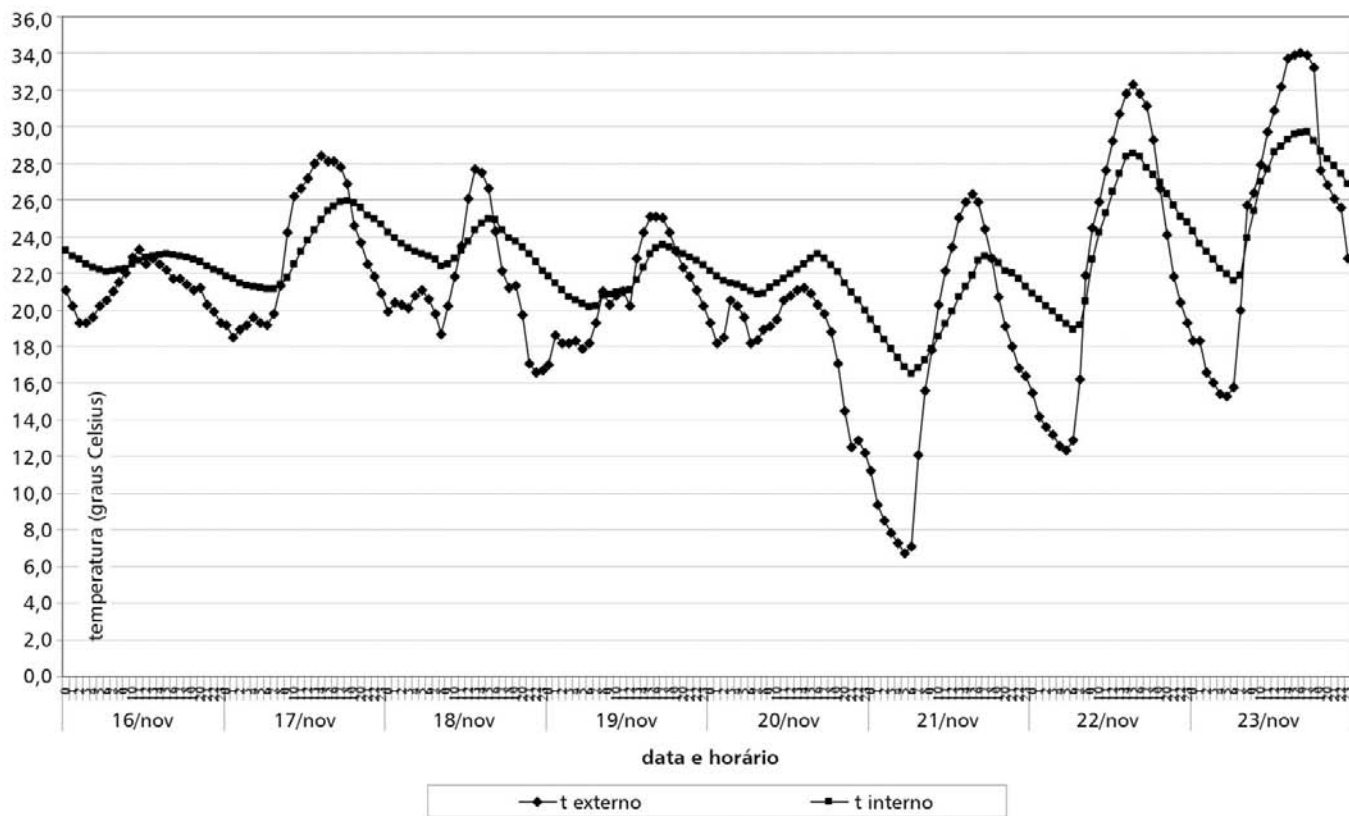
in loco: inverno, primavera, verão e outono. Para o inverno, a diferença máxima entre a temperatura de globo, t_{globo} , e a temperatura do ar interno, t_i , é de 1,2 K, com o ar apresentando uma temperatura média de 16,3 °C e o termômetro de globo registrando uma temperatura média de 16,7 °C. Para a primavera, a diferença máxima entre a temperatura de globo, t_{globo} , e a temperatura do ar interno, t_i , é de 1,0 K, com a temperatura de globo, t_{globo} , sempre superior à temperatura do ar interno, t_i , com o ar apresentando uma temperatura média de 21,5 °C e o termômetro de globo registrando uma temperatura média de 21,8 °C. Para o verão, a diferença máxima entre a temperatura de globo, t_{globo} , e a temperatura do ar interno, t_i , é de 1,0 K, com o ar apresentando uma temperatura média de 25,0 °C e o termômetro de globo registrando uma temperatura média de 25,3 °C. Para o outono, a diferença máxima entre a temperatura de globo, t_{globo} , e a temperatura do ar interno, t_i , é de 1,1 K, com o ar apresentando uma temperatura média de 20,8 °C e o termômetro de globo registrando uma temperatura média de 21,3 °C. Como as aberturas do protótipo Alvorada estiveram fechadas durante todo o período das medições (MORELLO, 2005, p. 79), pode-se supor que a velocidade do ar interno é nula, ou próxima disto, com a temperatura de globo, t_{globo} , podendo ser considerada aproximadamente igual à temperatura radiante média, T_{rm} .

A Figura 263 apresenta os valores de temperatura de globo, t_{globo} , e temperatura do ar interno, t_i , para o protótipo Alvorada para o intervalo de dias entre 15 a 19 de março. A temperatura de globo, t_{globo} , é levemente superior à temperatura do ar interno, t_i , nunca atingindo uma diferença superior a 0,6 K.



Variáveis	20 outubro		21 outubro		22 outubro		23 outubro		24 outubro	
	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.
temp. externa (°C)	21,3	15,0	23,9	16,7	23,9	17,1	26,7	7,3	31,6	11,6
temp. interna (°C)	22,0	20,0	22,9	19,6	24,2	20,1	22,9	16,7	26,1	18,5
atraso térmico (h)	1	5	0	2	0	2	1	0	1	0
amortecimento	0,32		0,46		0,60		0,31		0,38	

Figura 261 – Comportamento térmico do protótipo Alvorada entre 19 de outubro e 26 de outubro de 2003, conforme dados de Morello (2005)



Variáveis	19 novembro		20 novembro		21 novembro		22 novembro		23 novembro	
	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.
temp. externa (°C)	25,1	17,9	21,2	18,2	26,3	6,7	32,5	12,3	34,0	15,3
temp. interna (°C)	23,5	20,2	23,0	20,8	23,0	16,5	28,5	19,0	29,7	21,6
atraso térmico (h)	2	1	2	1	2	1	0	1	0	1
amortecimento	0,47		0,73		0,33		0,48		0,43	

Figura 262 – Comportamento térmico do protótipo Alvorada entre 16 de novembro e 23 de novembro de 2003, conforme Morello (2005)

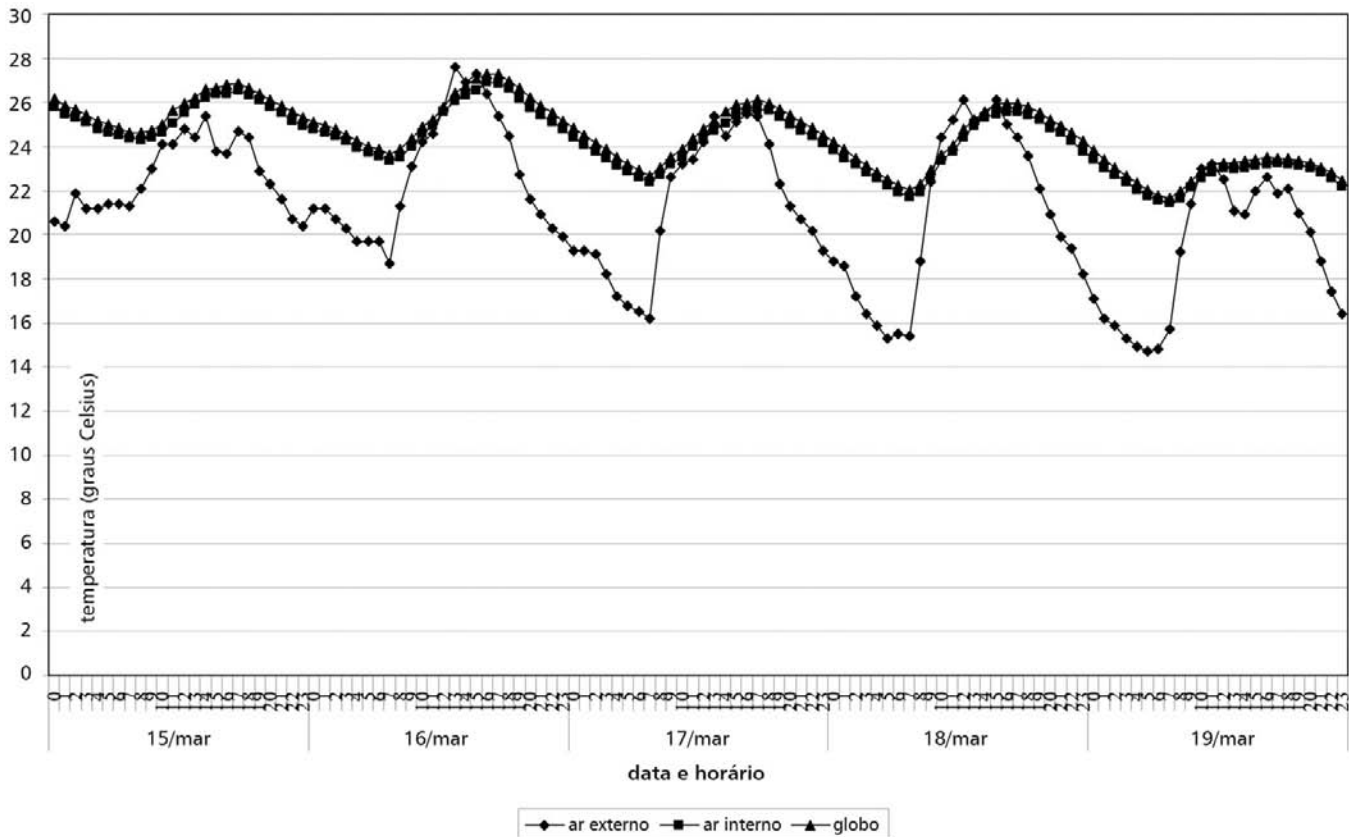


Figura 263 – Temperatura do ar externo, t_e , temperatura do ar interno, t_i , e temperatura de globo, t_{globo} , para sala e cozinha do protótipo Alvorada, entre 15 de março e 19 de março de 2004, conforme Morello (2005)

342

As Figuras 264, 265 e 266 apresentam valores de temperatura de globo, t_{globo} , e temperatura do ar interno, t_i , para seqüências de dias em que a diferença entre a temperatura de globo, t_{globo} , e a temperatura do limite inferior de conforto ($18,0\text{ }^{\circ}\text{C}$) ou do limite

superior de conforto ($29,0\text{ }^{\circ}\text{C}$) são as maiores verificadas no conjunto de dados levantados por Morello (2005), correspondendo às seqüências de dias entre 9 de julho a 18 de julho, 6 de março a 10 de março e 13 de abril a 16 de abril.

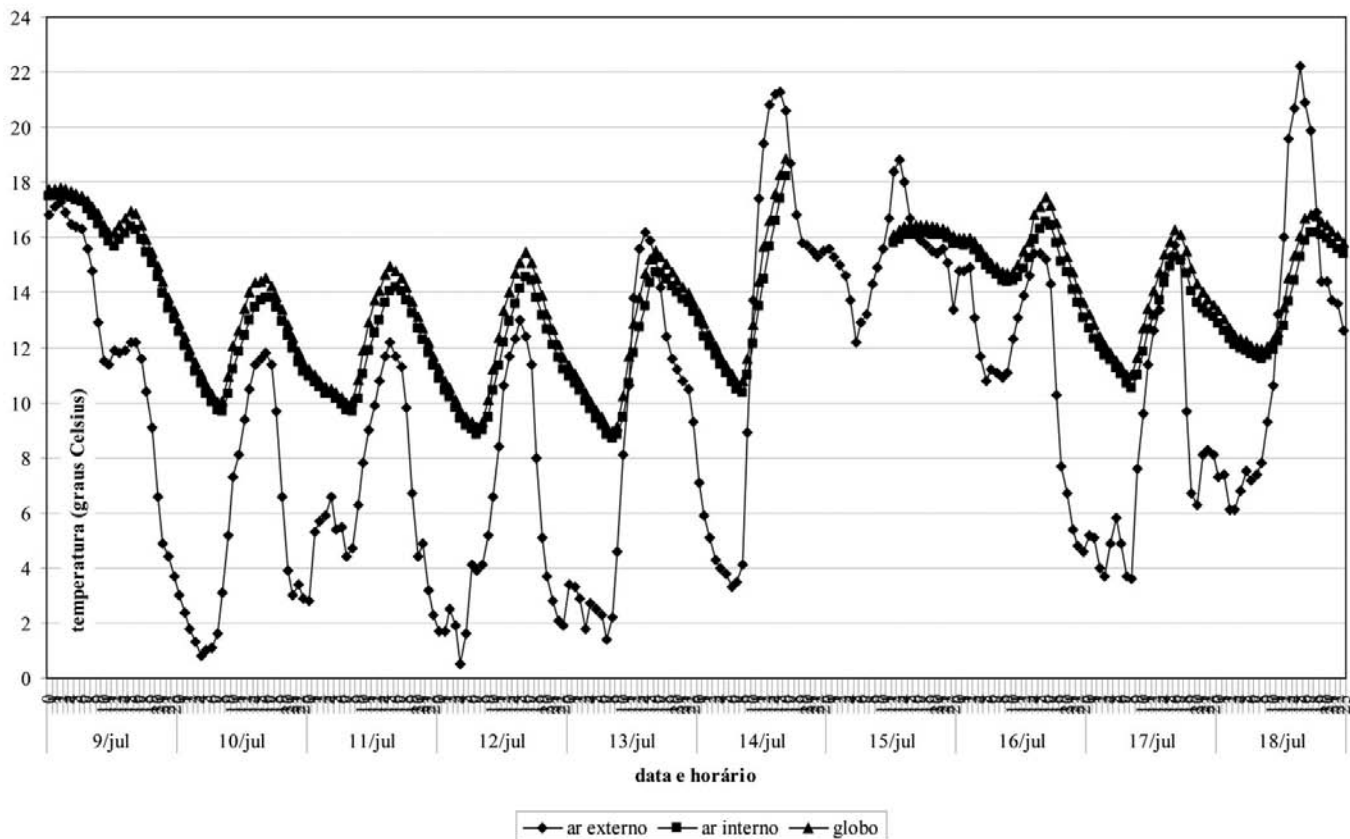


Figura 264 – Temperatura do ar externo, t_e , temperatura do ar interno, t_i , e temperatura de globo, t_{globo} , para sala e cozinha do protótipo Alvorada, entre 9 de julho e 18 de julho de 2003, conforme Morello (2005)

De acordo com os dados apresentados na Figura 264, a temperatura de globo, t_{globo} , esteve durante dez dias consecutivos abaixo da temperatura do ar do limite inferior da zona de conforto de Givoni (1992), à exceção de algumas horas no dia 15 de julho (com provável exceção de alguns pontos não registrados). A temperatura do ar interno, t_i , acompa-

nhou o comportamento da temperatura de globo, t_{globo} . A diferença entre a temperatura de globo e a do ar exterior atinge o valor de 8,0 K para o dia 10 de julho, às 7 horas, e para o dia 11 de julho, às 7 horas; 8,9 K, para o dia 12 de julho, às 7 horas; 9,1 K, para o dia 13 de julho, às 9 horas.

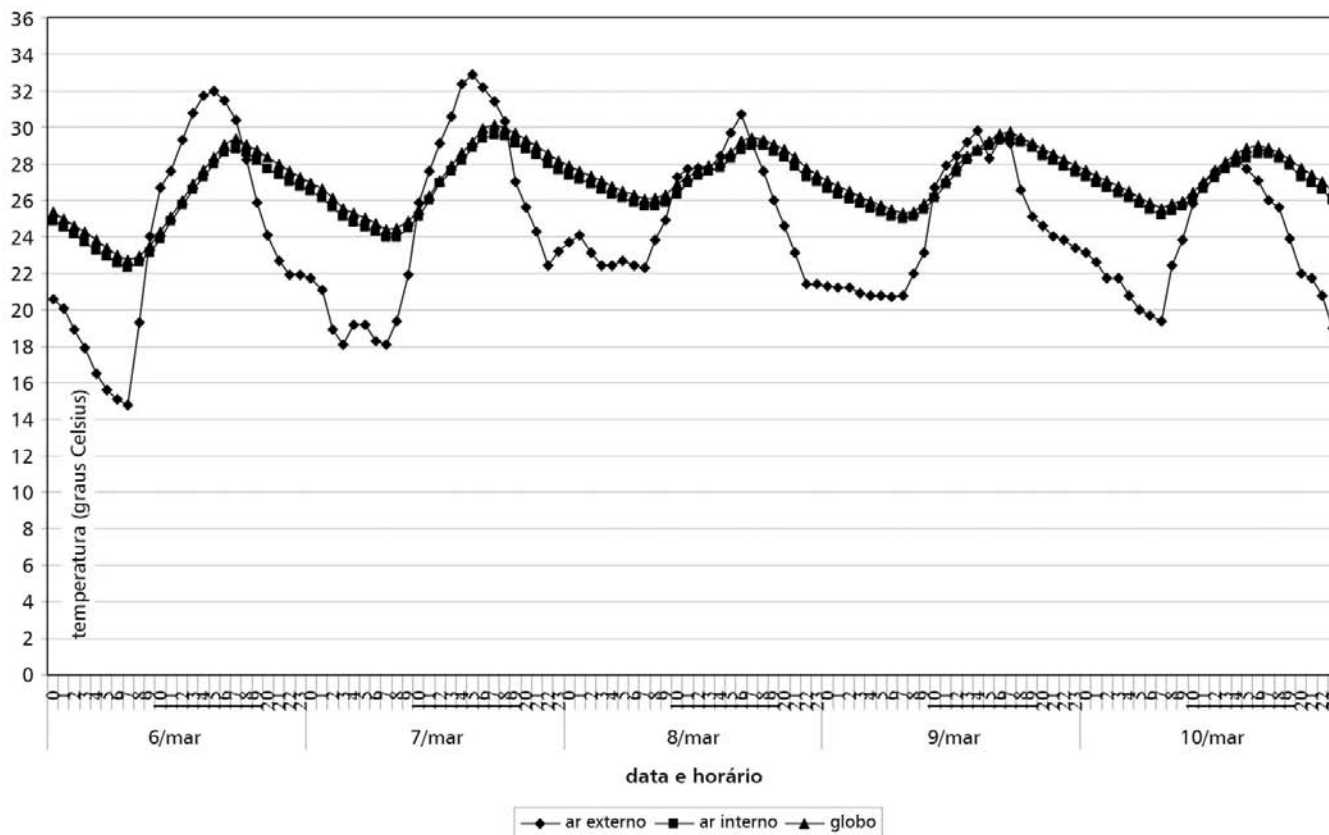


Figura 265 – Temperatura do ar interno, t_i , e temperatura de globo, t_{globo} , para sala e cozinha do protótipo Alvorada, entre 6 de março e 10 de março de 2004, conforme Morello (2005)

344

Para as condições de calor, não se verificam diferenças significativas entre a temperatura de globo, t_{globo} , e a temperatura do limite superior da zona de conforto de Givoni (1992). As seqüências de dias indicadas nas Figuras 265 e 266 são aquelas identificadas dentro do conjunto total de dados em que ocorrem

dias consecutivos (acima de três) com temperaturas de globo, t_{globo} , em alguns horários do dia acima de 29,0 °C. A diferença máxima verificada atinge 3,1 K para o dia 14 de abril, às 17 horas, 2,5 K, para o dia 15 de abril, às 16 horas, e 2,4 K, para os dias 13 e 16 de abril, às 17 horas.

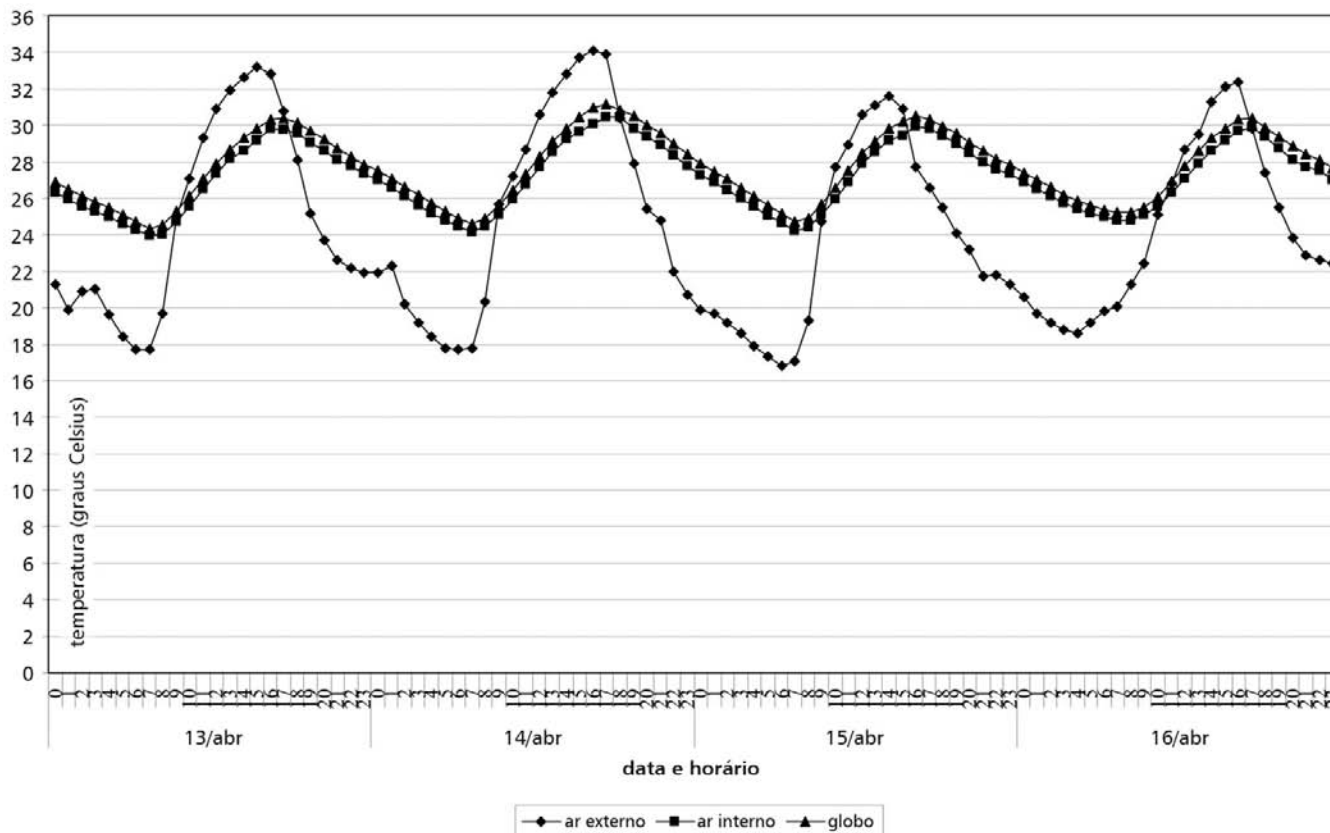
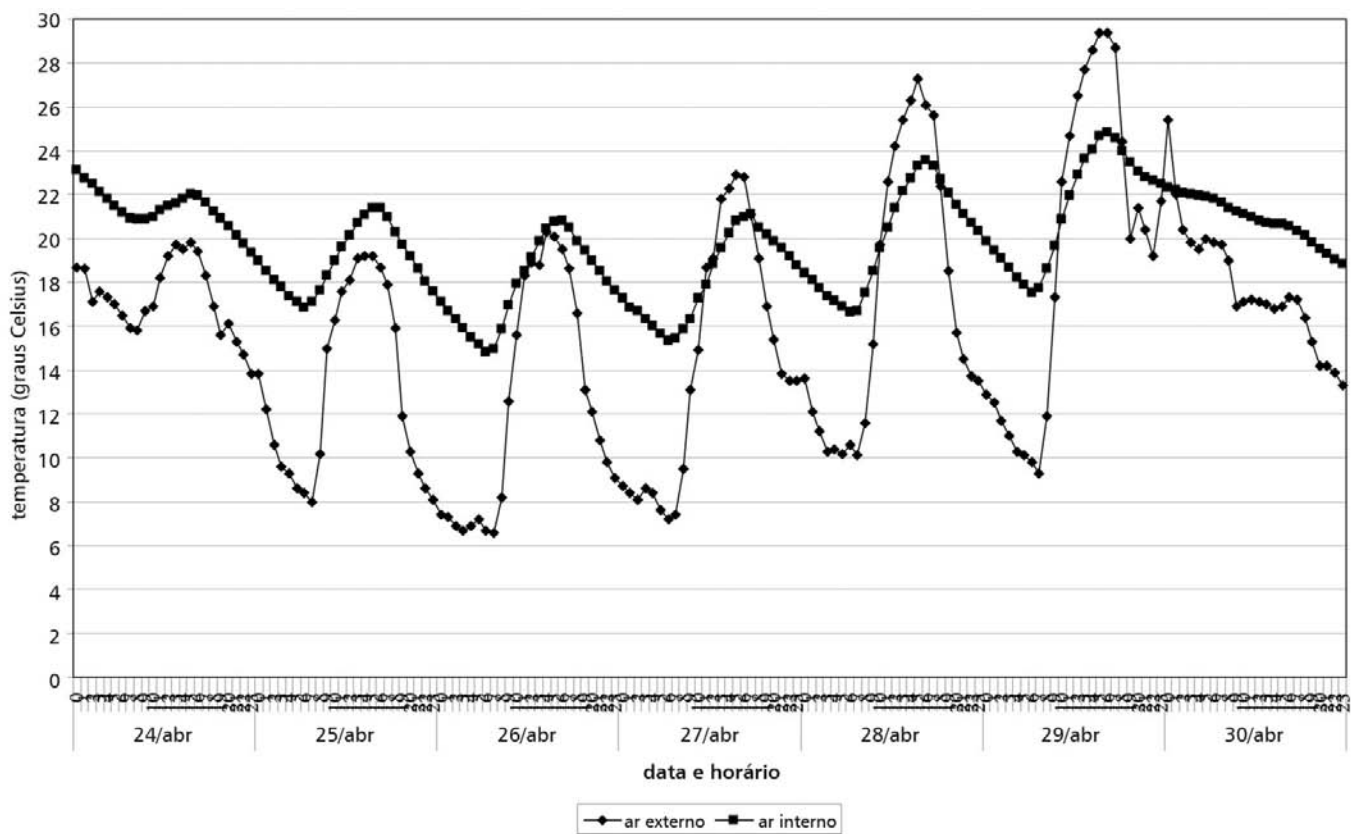


Figura 266 – Temperatura do ar externo, t_e , temperatura do ar interno, t_i , e temperatura de globo, t_{globo} , para sala e cozinha do protótipo Alvorada, entre 13 de abril e 16 de abril de 2004, conforme Morello (2005)

Morello (2005, p. 106, 120, 133, 146) se refere ao atraso térmico e ao coeficiente de amortecimento do protótipo Alvorada. Segundo o autor, a edificação apresenta um atraso térmico variando de 1 a 2 horas em média. Em relação ao coeficiente de amortecimento, este é maior para as temperaturas mínimas do que para as máximas. O coeficiente de amortecimento não é inferior a 0,35, em média. O

autor conclui que o coeficiente de amortecimento apresentado pela configuração do protótipo Alvorada é considerável, o que também pode ser constatado analisando-se as seqüências de dias apresentadas neste estudo. Os coeficientes de amortecimento calculados para os fechamentos do protótipo Alvorada são maiores do que aqueles verificados a partir das medições *in loco*.



346

Variáveis	25 abril		26 abril		27 abril		28 abril		29 abril	
	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.
temp. externa (°C)	19,2	8,0	20,3	6,6	22,9	7,2	27,3	10,1	29,4	9,3
temp. interna (°C)	21,4	16,8	20,8	14,8	21,1	15,3	23,6	16,7	24,9	17,5
atraso térmico (h)	1	0	1	0	2	0	1	0	1	0
amortecimento	0,41		0,44		0,37		0,40		0,36	

Figura 267 – Temperatura do ar externo, t_e , e temperatura do ar interno, t_i , entre 24 de abril e 30 de abril de 2004 para o protótipo Alvorada, de acordo com Morello (2005)

Para complementar a análise encaminhada para o protótipo Alvorada, é incluída uma seqüência de dias em que a temperatura mínima do ar externo, t_e , esteve próxima aos 7,5 °C, temperatura mínima do ar externo adotada para fins de cálculo. A seqüência de dias corresponde ao intervalo que se estende de 24 de abril de 2004 a 30 de abril de 2004, contendo valores de temperatura do ar externo e do ar interno, t_e e t_i , conforme dados obtidos de Morello (2005).

De acordo com a Figura 267, a temperatura do ar interno, t_i , atinge valores mínimos de 16,8 °C, 14,8 °C e 15,3 °C, para valores mínimos de temperatura do ar externo, t_e , de 8,0 °C, 6,6 °C e 7,2 °C, respectivamente, para os dias 25, 26 e 27 de abril. A temperatura do ar interno, t_i , se manteve a aproximadamente

8,0 K, no mínimo, acima da temperatura do ar externo, t_e .

Distribuição dos valores de temperatura do ar no ano estudado

Os histogramas das Figuras 268 e 269 permitem a visualização da distribuição dos valores de temperatura ao longo do ano considerado neste estudo.

Nota-se, no histograma da Figura 268, a perceptível concentração de valores de temperatura no intervalo que vai dos 13 °C aos 23 °C, com mais de 400 horas em cada faixa de temperatura. Percebe-se, também, que o desconforto por frio é mais freqüente que o desconforto por calor.

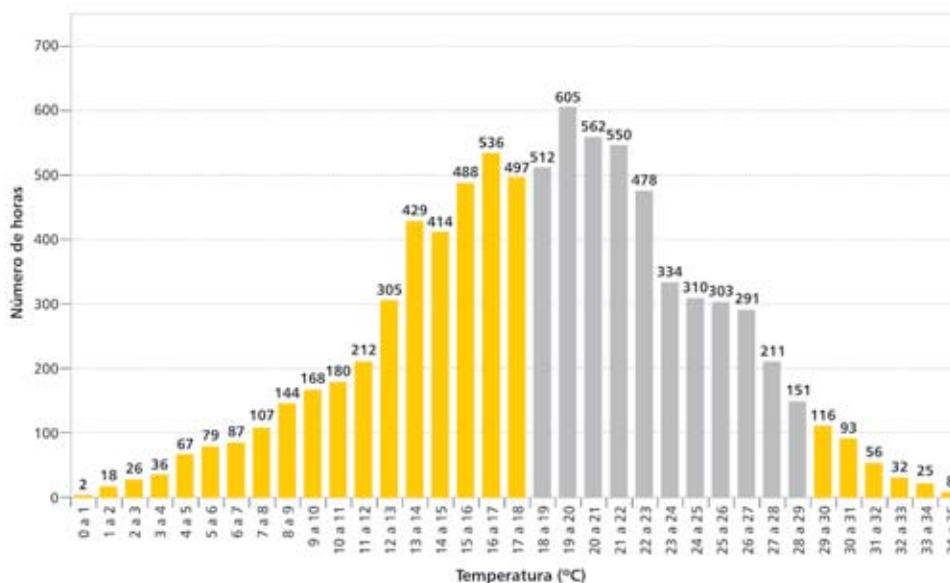


Figura 268 – Histograma anual das temperaturas externas (em cinza) e das temperaturas de conforto

Para a confecção do histograma das temperaturas internas, foram considerados os 8.448 valores de temperatura de bulbo seco (Figura 269). Nota-se que, em relação ao histograma de dados externos, os valores inferiores a 18 °C foram reduzidos, mas ainda representam um número significativo de registros. Certamente, com a edificação em uso e a conseqüente geração de calor no interior da edificação, as temperaturas internas deverão se elevar, reduzindo o número de horas de desconforto por frio. Em contrapartida, pela mesma razão, os valores mais elevados de temperatura interior deverão extrapolar o limite dos 29 °C, entrando na zona de desconforto por calor.

Cartas bioclimáticas

Para a confecção das cartas bioclimáticas correspondentes ao período completo, os limites de conforto foram simplificados de acordo com a forma de apresentação do programa Analysis Bio, ou seja, com limites de temperatura entre 18 °C e 29 °C, sem diferenciação entre as estações de inverno e verão.

A carta bioclimática da Figura 270 apresenta os 8.432 valores de temperatura e umidade relativa do ar externo durante o período estudado.

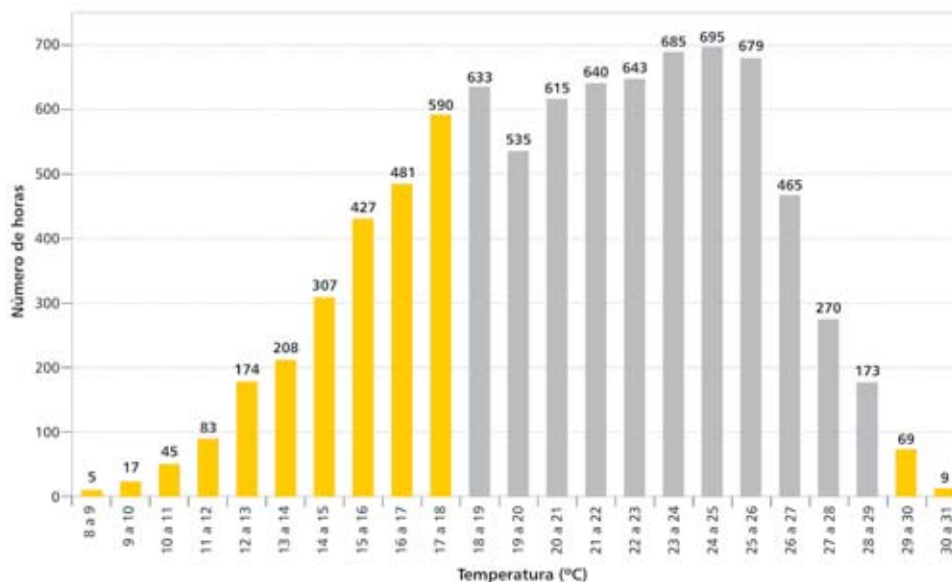


Figura 269 – Histograma anual das temperaturas interiores

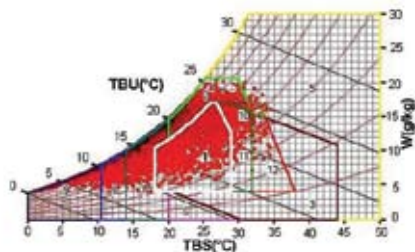


Figura 270 – Carta bioclimática com os valores exteriores para o período estudado

A Tabela 16 mostra o resultado do relatório dos dados externos gerado pelo programa Analysis Bio, com as recomendações das principais estratégias para alcançar o conforto térmico em um projeto bioclimático. O programa considera como geradoras de desconforto por calor as situações em que a umida-

de relativa é superior aos limites da zona de conforto e quando a temperatura se encontra na faixa dos 20 °C aos 29 °C. Já os valores com umidade superior a 80% e temperatura entre 18 °C e 20 °C, assim como valores inferiores a 18°C, são interpretados pelo programa como geradores de desconforto por frio.

Tabela 16 – Resumo do relatório gerado pelo programa Analysis Bio, para os valores externos, no período estudado

Conforto		Estratégias		19,5%
Desconforto	Frio	Massa Térmica/Aquecimento Solar	33,8%	55,9%
		Aquecimento Solar Passivo	12,3%	
		Aquecimento Artificial	9,8%	
		Umidificação	0%	
	Calor	Ventilação	20,1%	24,6%
		Ventilação/Massa	0,2%	
		Ventilação/Massa/Resfr. Evap.	3,4%	
		Massa Térmica p/ Resfriamento	0,2%	
		Massa/Resfriamento Evaporativo	0,5%	
		Resfriamento Evaporativo	0,02%	
Ar Condicionado	0,2%	80,5%		

A carta bioclimática baseada no ano climático de referência (TRY) para Porto Alegre (LAMBERTS; PEREIRA; DUTRA, 1997) aponta um percentual de conforto de 22,4%, enquanto, no ano estudado, apenas 19,5% das horas medidas no *campus* da UFRGS apresentaram valores dentro da zona de conforto. O percentual de horas de frio intenso, com a temperatura externa inferior a 10,5 °C, também mostrou um percentual maior nos valores medidos em relação àqueles da TRY de Porto Alegre, passando de 6% para 9,8%. Durante essas horas, a condição de conforto térmico só seria alcançada por meio de aquecimento artificial, visto que as estratégias de massa térmica para aquecimento e o aquecimento solar passivo não serão suficientes para proporcionar o conforto interno. Nota-se, ainda, que, em 0,237% das horas, o desconforto por calor somente será atenuado com a utilização de refrigeração artificial (ar condicionado).

Deve ser destacado que os dados lançados nas Figuras 268 e 270 representam os elementos climáticos tal como medidos na estação meteorológica da UFRGS, ou seja, sob uma condição de exposição ao clima ambiental externo. Para que se tenha uma avaliação do efeito de **filtro térmico** determinado pelo envelope da edificação, é importante comparar tais dados com aqueles representativos das condições ambientais **no interior da edificação**. Tais condições são ilustradas nas Figuras 269 e 271.

Para a confecção da carta bioclimática retratando as condições interiores, foram utilizados apenas os registros **simultâneos** de umidade relativa e temperatura do ar, ou seja, a Figura 271 apresenta a distribuição de 8.205 valores horários, medidos entre maio de 2003 e maio de 2004.

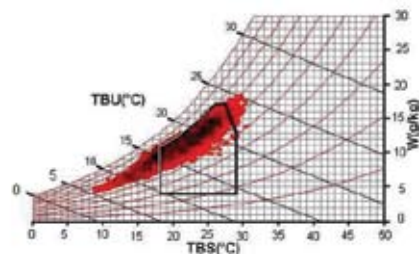


Figura 271 – Carta bioclimática, com os valores internos, para o período estudado

Os percentuais de conforto e desconforto internos, extraídos dos relatórios do programa Analysis Bio, são apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 – Resumo do relatório gerado pelo programa Analysis Bio, para os valores interiores

Conforto		66,5%	
Desconforto	Frio	28,2%	33,5%
	Calor	5,3%	

Os dados horários e os percentuais calculados para os valores internos e externos são comparados na Tabela 18. Assim como foi estabelecido para a confecção das cartas bioclimáticas, no cálculo dos percentuais internos foram considerados apenas os valores de temperatura que identificam a leitura simultânea da umidade relativa do ar (8.205 registros).

Observou-se que em 6,4% do tempo (523 registros horários), embora a temperatura do ar interno tenha apresentado valores entre 18 °C e 29 °C, a umidade relativa apresentou valores superiores aos limites da zona de conforto, ou seja, acima de 80%. Salienta-se que o percentual de conforto interno foi triplicado em relação ao do ambiente externo. No interior do protótipo Alvorada, o desconforto por frio foi reduzi-

Tabela 18 – Resumo dos valores horários e percentuais associados, no período estudado

Parâmetros limite de conforto/desconforto	Valores externos		Valores internos	
	Nº de horas	%	Nº de horas	%
Número de horas de leitura	8.432	100	8.205	100
Número de horas com temperatura abaixo de 18 °C	3.795	45,0	2.148	26,2
Número de horas com temperatura acima de 29 °C	327	3,9	78	0,9
Número de horas com umidade relativa igual ou superior a 80%	5.903	70	491	6
Número total de horas dentro da zona de conforto	1.640	19,4	5.456	66,5
Número total de horas fora da zona de conforto	6.792	80,6	2.749	33,5

do quase pela metade, enquanto o desconforto por calor apresentou uma redução superior a 75% em relação às horas de desconforto verificadas no exterior.

8.4.2.5 Discussão dos resultados e conclusões

As medições indicam que a temperatura do ar externo, t_e , no período de verão (meses de dezembro, janeiro e fevereiro), se mantém relativamente estável no que tange à sua variação diária. Já para o restante do ano, existem grande variações de temperatura, com períodos de calor seguidos por períodos de frio, muitas das mudanças ocorrendo repentinamente, ou seja, a edificação parece ser mais exigida para condições de outono, inverno e primavera, por estas se apresentarem altamente mutáveis, do que para condições de verão. Torna-se difícil encontrar uma solução arquitetônica que responda a tamanha instabilidade de condições climáticas em curto espaço de tempo. Se no verão há necessidade de uma edificação protegida da radiação solar, com entorno arborizado para diminuir a temperatura do ar externo, t_e , antes de ela penetrar na edificação, no inverno é desejável o má-

ximo aproveitamento da radiação solar, inclusive a captação por vias indiretas (absorção através de superfícies externas e a posterior emissão por radiação de onda longa).

Segundo as medições *in loco* efetuadas, o protótipo Alvorada apresenta um comportamento térmico mais desfavorável para a situação de inverno do que para a situação de verão. Verificou-se que, em 9,8% das horas do período analisado, as temperaturas exteriores foram inferiores a 10,5 °C, identificando, segundo Givoni (1992), uma condição de frio intenso, o que requer um projeto mais efetivo da envolvente construtiva. A correção desse comportamento, sem comprometer o bom comportamento térmico verificado para a situação de verão, implica aumentar ganhos de calor através da radiação solar direta sobre fechamentos e partições internas no inverno, e proteger tais fechamentos e partições no verão. Essa estratégia é prevista no projeto do protótipo pelo sombreamento da parede voltada a oeste com o uso de uma pérgula e beirais mais amplos na orientação norte. Assim, sem essa envolvente atenuadora do frio

exterior, ou seja, em condições de exposição direta a tais temperaturas, seria necessária a utilização de aquecimento artificial em 827 horas (zona 9). Além disso, em 0,2% do período considerado (20 horas), seria necessária a utilização de ar-condicionado para refrigeração. De acordo com as medições *in loco*, há um significativo coeficiente de amortecimento de amplitude de onda de temperatura do ar externo apresentado pelo protótipo Alvorada, que pode estar associado ao fato de ele ser mantido fechado durante as medições e à sua geometria compacta, que aumenta sua inércia térmica. O bom desempenho apresentado pelo protótipo Alvorada, em relação ao amortecimento da amplitude de onda de temperatura do ar externo, indica que ele pode ser usado como uma referência para avaliação de outras soluções.

Deve-se lembrar que o conforto térmico é determinado por **fatores ambientais** (temperatura, umidade relativa, velocidade relativa do ar, radiação, etc.) e **fatores humanos** (nível de vestimenta e nível de atividade), e que diagramas bioclimáticos, como os das Figuras 269 e 271, são construídos sobre cartas psicrométricas que pressupõem parâmetros ambientais preestabelecidos (no caso, taxas de ventilação fixas, de 0,15 m/s para o inverno e de 0,25 m/s para o verão, temperaturas entre 18 °C e 29 °C, e conteúdo de umidade entre 4 g/kg e 17 g/kg de ar seco), assim como níveis de atividade e de vestimenta também fixos. É claro que no interior do protótipo Casa Alvorada, em uma **condição de frio**, o usuário também poderia alcançar uma condição de conforto por meio de uma atividade que ativasse o seu metabolismo, ou por um maior nível de vestimenta.

Desse modo, se atentarmos para as condições ambientais do interior da edificação e, em particular, para as temperaturas ali registradas, observa-se que, das 2.148 horas em que a temperatura do ar interno apresentou valores inferiores a 18 °C, 823 desses registros ocorreram entre a meia-noite e às 6h, isto é, em horário durante o qual os usuários têm grande chance de estar dormindo e com um nível de vestimenta maior, portanto menos diretamente expostos ao frio ocorrente no interior da casa.

Considera-se muito importante, no entanto, a construção de um fogão à lenha (previsto no projeto original da Casa Alvorada), para proporcionar o aporte de calor necessário durante as horas de frio mais intenso. Com isso, certamente haverá um abrandamento significativo das condições de desconforto por frio não só no período mais frio, mas também durante as horas subsequentes.

Deve-se frisar que, para as condições de frio, outros ganhos internos de calor (lâmpadas, eletrodomésticos, calor humano) poderão proporcionar um aumento significativo das horas de conforto no interior do protótipo. No entanto, com a ocupação da edificação, as condições de desconforto por calor, no verão, deverão ser acentuadas, considerando tanto o aumento da temperatura interior como do conteúdo de vapor interno, assim ultrapassando os valores máximos estabelecidos na zona de conforto. Para melhor entender ambas as situações, pois, serão necessários estudos experimentais que envolvam o uso da edificação, para melhor estimar a sua resposta a diferentes condições de uso.

8.4.3 Avaliação do desempenho acústico

8.4.3.1 Introdução

O isolamento sonoro das fachadas e elementos divisórios internos de edificações é resultado de todos os elementos de fachada (portas externas e janelas) e de acesso aos ambientes (portas internas), assim como do modo com que esses elementos estão ligados entre si. É sabido que existe uma grande diferenciação de componentes em uma edificação e que diferentes componentes, normalmente, apresentam diferenças em sua capacidade de isolamento. No caso do isolamento sonoro das fachadas, por exemplo, é sabido que a janela (vidro e caixilharia) é o ponto mais fraco. Buscando aprofundar o desempenho ambiental do protótipo Casa Alvorada, Nabinger (2006) realizou um estudo com o intuito de verificar *in situ* o desempenho acústico do protótipo.

A análise buscou caracterizar as perdas de transmissão acústica das paredes internas entre ambientes e aquelas determinadas pelas paredes externas. Foram analisadas alvenarias com e sem aberturas. Ao todo, foram efetuadas quatro medições acústicas, sendo em duas verificado o desempenho de **fachadas** e em outras duas o desempenho das **paredes divisórias** entre ambientes, no interior da casa (Figura 272). O autor verificou os componentes a seguir.

Paredes divisórias (internas):

- **Parede A**, entre dormitórios (tijolo à vista, rebocada no lado do dormitório 01)
- **Parede B**, entre dormitório 01 e sala de estar (tijolo à vista, sem reboco, com porta)

Paredes de fachada (externas):

- **Parede D**, do dormitório 01, com uma janela, mantida fechada (parede de tijolo à vista, sem reboco)
- **Parede C**, do dormitório 01, sem aberturas (parede de tijolo à vista, sem reboco)

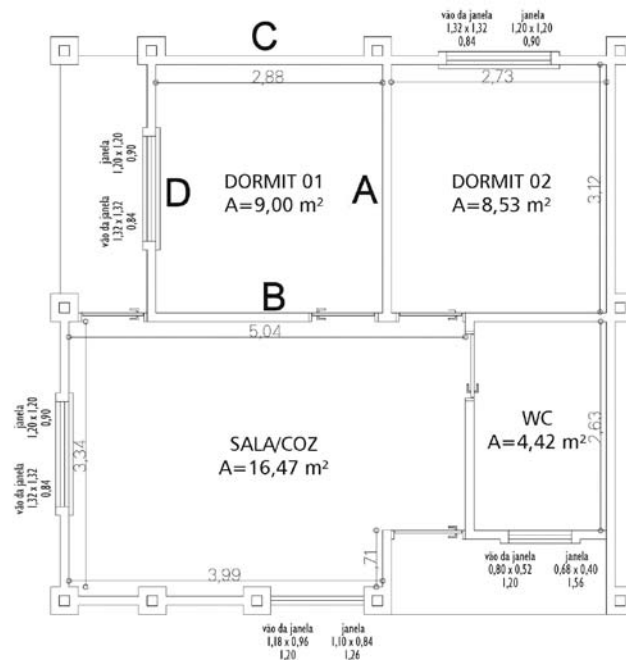


Figura 272 – Divisórias avaliadas e áreas úteis internas

8.4.3.2 Medições acústicas

Equipamento

As medições foram realizadas utilizando-se um analisador de som, em tempo real, e um calibrador externo de precisão, todos do tipo 1 (atende às normas IEC 651/804, IEC 942 e ANSI S.1.4). Instalou-se,

no medidor acústico, a aplicação BZ7204, versão 2.0, da Brüel & Kjaer, para efetuar as medições, conforme as normas ISO 140-4 (CEN, 1998a) e ISO 717 (CEN, 1996), indicadas pela ABNT, projeto 02:136.01-001/1 (2005). Assim, para efetuar as medições, foram utilizados os equipamentos que se seguem, todos da empresa Brüel & Kjaer.

- Investigator™ Type 2260 D (Software BZ 7204 de Acústica de Construções);
- Investigator™ Type 2260 G (Software BZ 7207 de Acústica de Salas);
- Observer™ Type 2260 J (Software BZ 7220 de Tempo de Reverberação);
- Amplificador de Potência Type 2716;
- Fonte Sonora, Dodecaédrica, OmniPower Tipo 4296;
- Calibrador externo Type 4231; e
- Software Qualifier Type 7830.

Para a visualização e análise dos resultados obtidos nas medições acústicas, foi utilizado o programa Qualifier, type 7830, também da B&K (2003). A Figura 274 mostra a janela do programa utilizado, com uma medição de Tempo de Reverberação (TR), efetuada dentro do dormitório 01. Nesse estudo foram realizadas 96 medições acústicas.

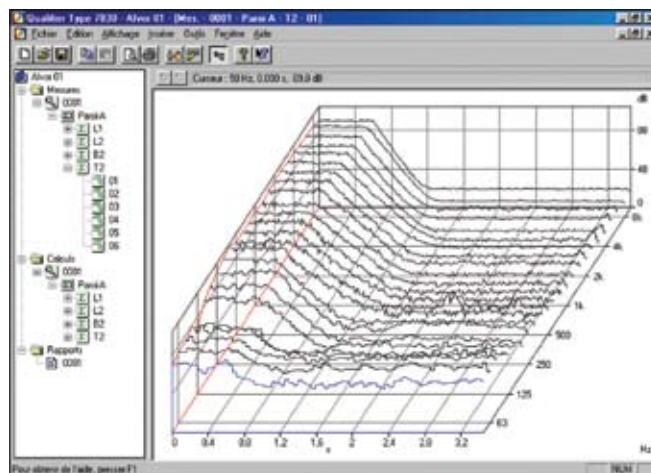


Figura 274 – Software 7830 utilizado, da B&K

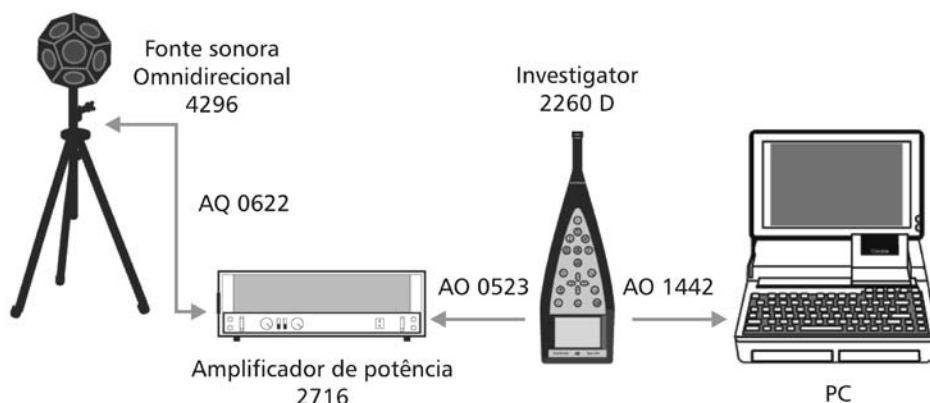


Figura 273 – Sistema utilizado, Investigator, da empresa B&K

Registros efetuados

Para cada uma das quatro paredes analisadas (A, B, C e D) foram efetuados os seguintes registros, seguindo metodologia semelhante à ilustrada no croqui abaixo, conforme indicações da ISO 140-4 (CEN, 1998a) e ISO 140-5 (CEN, 1998b), para análise de ruídos aéreos (Figura 275):

- a) ruídos gerados internamente: níveis de ruído **L1, em sala da fonte** (*source room*), com um total de seis registros por sala, sendo o analisador posicionado em três distintos locais da sala e a fonte, em dois diferentes locais da mesma sala;
- b) ruídos gerados no exterior: níveis **L1**, a 2 m da **fonte sonora**, com um total de três registros, em três pontos distintos;
- c) níveis de ruído **L2**, nas salas receptoras (*receiving room*), com um total de seis registros por

sala, posicionando o microfone em três distintos locais da sala de recepção, para cada posição da fonte sonora, na sala da fonte, e posicionando o microfone em três pontos, quando os ruídos são gerados pela fonte sonora no exterior.

d) níveis de **B2**, para ruído de fundo, em uma sala de recepção, com um total de seis registros por sala (para o ruído gerado no interior) e três registros por sala (para ruídos gerados externamente), com o microfone posicionado em três distintos locais da mesma sala;

e) níveis de **T2**, para tempo de reverberação (TR), em cada sala, com a fonte sonora posicionada dentro da mesma sala, em dois locais distintos, com um total de três registros por ponto de medição, num total de 18 medições de TR.

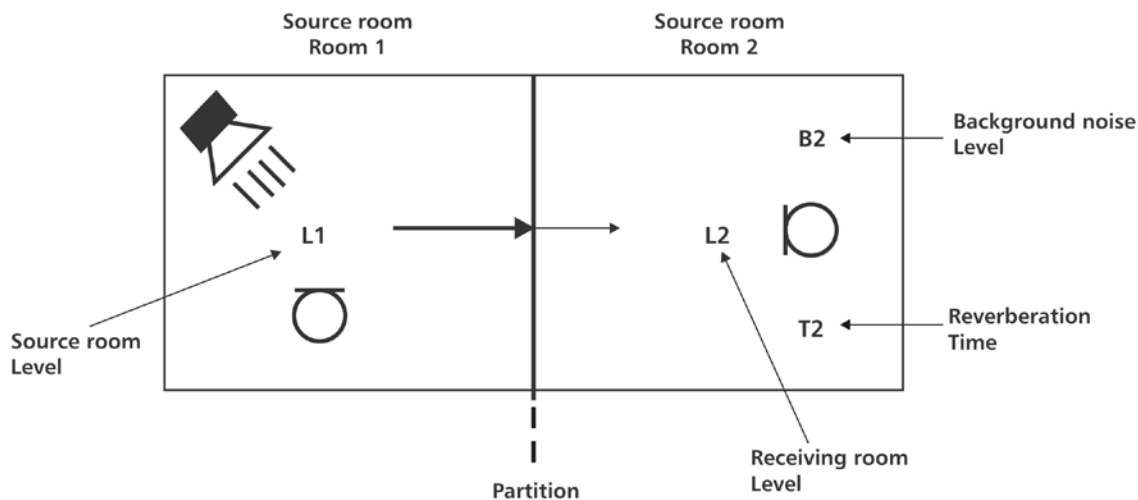


Figura 275 – Identificação dos diferentes parâmetros medidos, na análise da transmissão interna

Local das medições

Em todas as medições realizadas, o analisador de som B&K 2260 foi colocado sobre um tripé fixo e posicionado a 1,2 m do solo e a uma distância mínima de 0,6 m de qualquer objeto. A fonte sonora dodecaédrica foi colocada sobre um tripé e posicionada a 1,6 m do solo. Todas as medições foram efetuadas com as janelas e portas fechadas, sem a presença do operador dentro do recinto.

As figuras seguintes identificam os locais onde foram medidos os diferentes parâmetros (L1, L2, B2 e T2) para cada parede (A, B, C e D) avaliada. Para cada parâmetro avaliado foram determinados:

- três distintos pontos, em cada sala, para a colocação do **microfone**;
- dois distintos pontos para a colocação da **fonte sonora interna**; e
- um ponto, para a **fonte sonora externa**.

Parede interna A

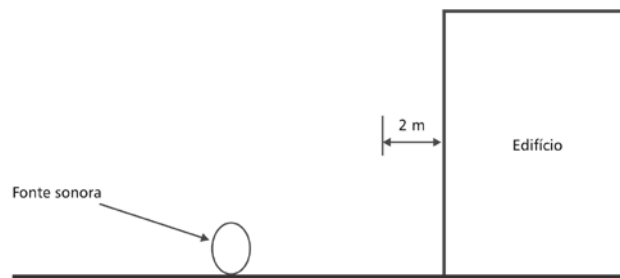
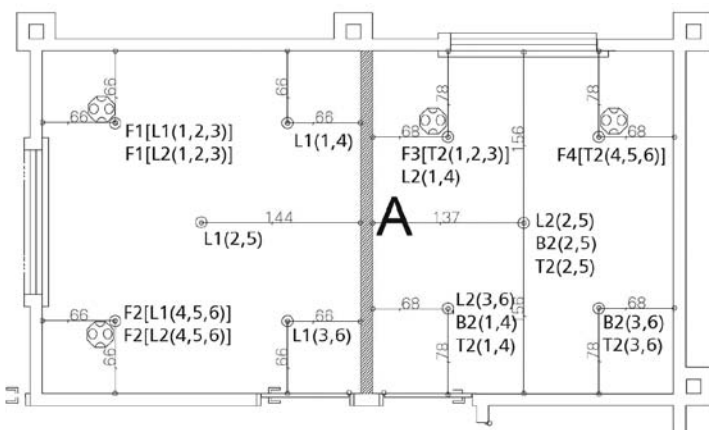


Figura 276 – Esboço das medições para avaliação de transmissão através das paredes externas

Assim, para cada parâmetro, foram feitos três registros, um em cada ponto de microfone e com a fonte em um ponto fixo. Posteriormente, a fonte sonora foi deslocada para um segundo ponto. Novamente, o microfone fez um registro em cada um dos três pontos determinados para colocação do microfone, porém com a fonte sonora colocada nesse segundo ponto. Assim foram obtidas seis diferentes medições acústicas para as paredes A e B e três diferentes medições acústicas para as paredes C e D, para cada parâmetro.

Parede interna B

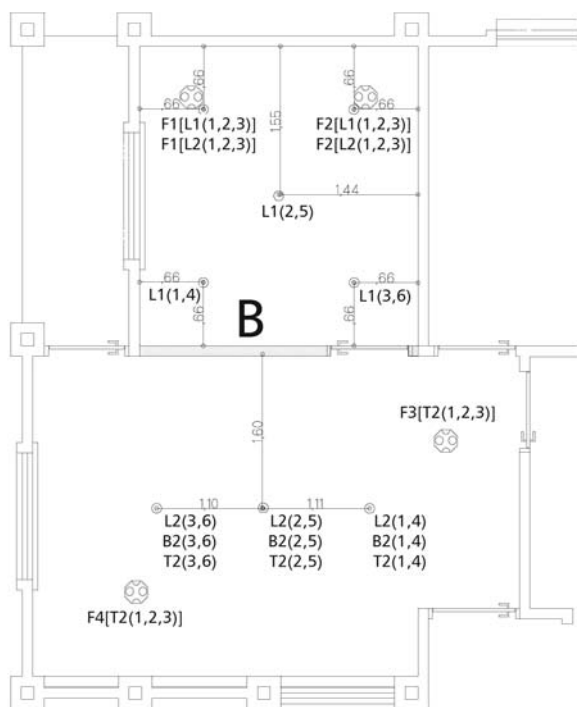


Figura 278 – Localização dos diferentes parâmetros medidos e fonte sonora, para a parede B

Parede externa C

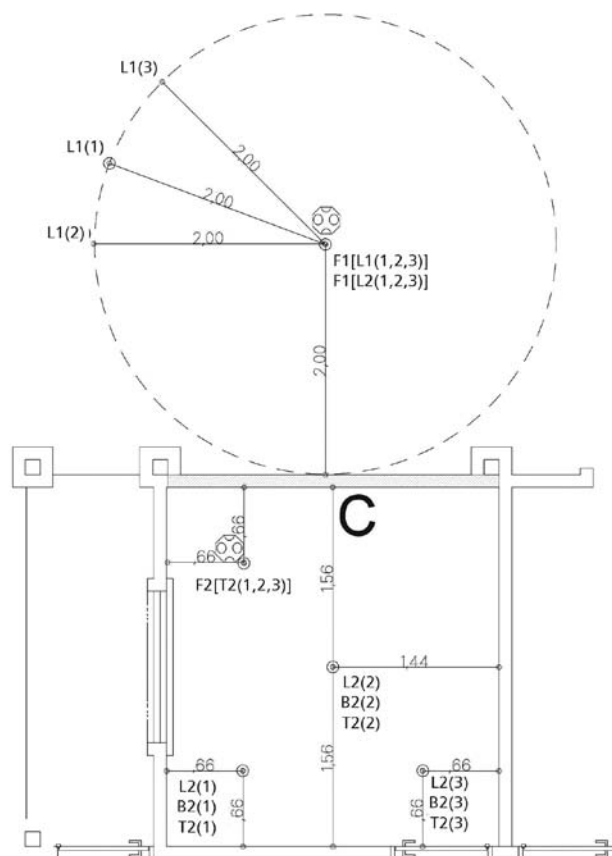


Figura 279 – Localização dos diferentes parâmetros medidos e fonte sonora, para a parede C

Parede externa D

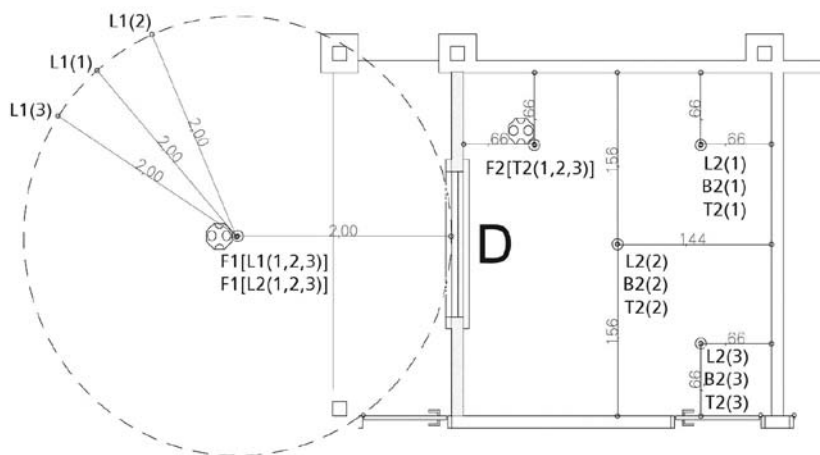


Figura 280 – Localização dos diferentes parâmetros medidos e fonte sonora, para a parede D

8.4.3.3 Metodologia

ISO 140-4: Paredes internas

- **Parede A:** ISO 140-4 (CEN, 1998a)
- **Parede B:** ISO 140-4 (CEN, 1998a)

Índices empregados

DnT,w - Índice de isolamento sonoro normalizado, entre dois locais 1 e 2 (dormitório 01 e dormitório 02), obtido a partir de um diagrama do tipo $D_n = \alpha f$, onde, para cada banda de frequências f :

$$D_n = L_1 - L_2 + 10 \log(T/T_0)$$

Analogamente, nessa expressão, **L1** e **L2** representam, respectivamente, os níveis de pressão sonora medidos nos compartimentos 1 e 2 (emissão e recepção), **T** o tempo de reverberação do espaço de recepção, e **To** o tempo de reverberação de referência, tomado igual a 0,5 s.

ISO 140-5: Paredes externas

- **Parede C:** ISO 140-5 (CEN, 1998b)
- **Parede D:** ISO 140-5 (CEN, 1998b)

Índices empregados

Dls,2m,nT,w (fachada) - Índice de isolamento sonoro de fachada, obtido a partir de um diagrama do tipo $D_n = \alpha f$, onde, para cada banda de frequências f :

$$D_{ls,2m,nT} = L_{1,2m} - L_2 + 10 \log(T/T_0)$$

Nesta expressão, **L1,2m** representa o nível de pressão sonora medido com a fonte sonora a 2 m da fachada, e **L2**, o nível de pressão sonora medido no interior, quando o ruído utilizado para a medição for produzido por uma fonte sonora (*loudspeaker*).

Correções

- **C:** Ruído Rosa
- **Ctr:** Ruído de tráfego urbano

O termo **C** ou **Ctr** representa um termo de correção que deve ser aplicado ao índice de Redução Sonora Aparente **R'**, obtendo-se o índice corrigido **R'w**. O índice **C** ou **Ctr** depende exclusivamente da fonte sonora utilizada na medição efetuada *in situ*. Assim, emprega-se **C** quando da utilização de uma fonte sonora gerando um ruído rosa ou branco. Utiliza-se **Ctr** quando a fonte sonora a ser considerada é o

ruído proveniente de tráfego urbano. Neste trabalho as correções foram efetuadas com a curva de referência **C**, devido ao uso de uma fonte sonora *in situ*, gerando um ruído rosa.

Os índices de isolamento sonoro, correspondentes aos níveis de pressão sonora, no domínio da frequência, foram obtidos em conformidade com os procedimentos descritos nas normas acima referidas. São determinados por comparação com a descrição convencional de referência, constante na norma ISO 717-1 (1996), abrangendo as frequências em terços de oitavas, compreendidas entre 100 e 3.150 Hz.

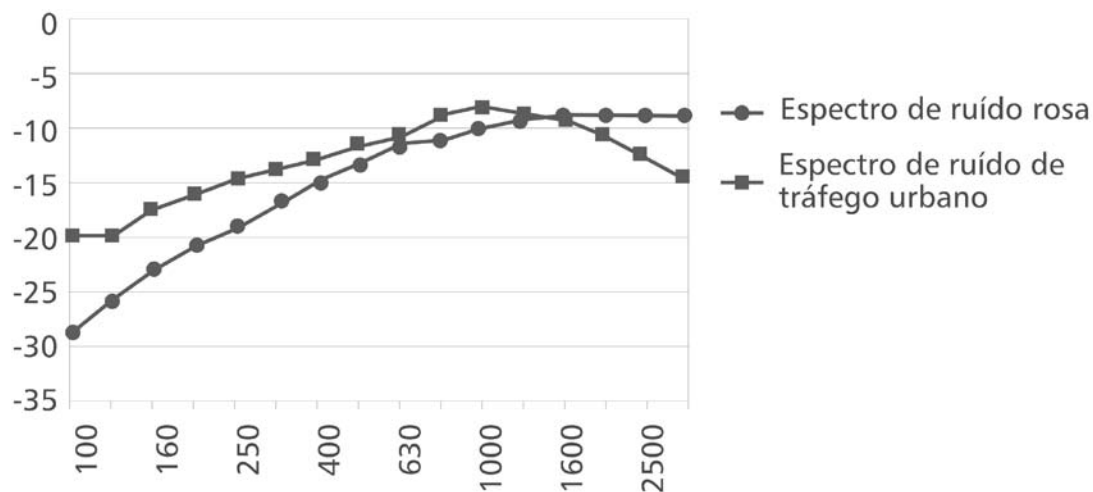


Figura 281 – Espectros de ruído rosa e de ruído de tráfego rodoviário em tecido urbano, ponderados em A

8.4.3.4 Resultados

L1 - Parede interna A

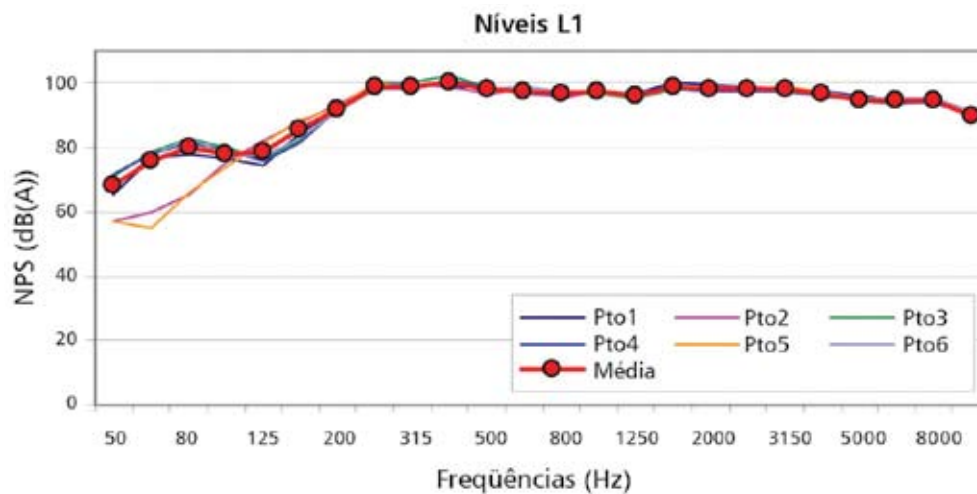


Figura 282 – Níveis L1 medidos e curva média, para a parede A

L2 - Parede interna A

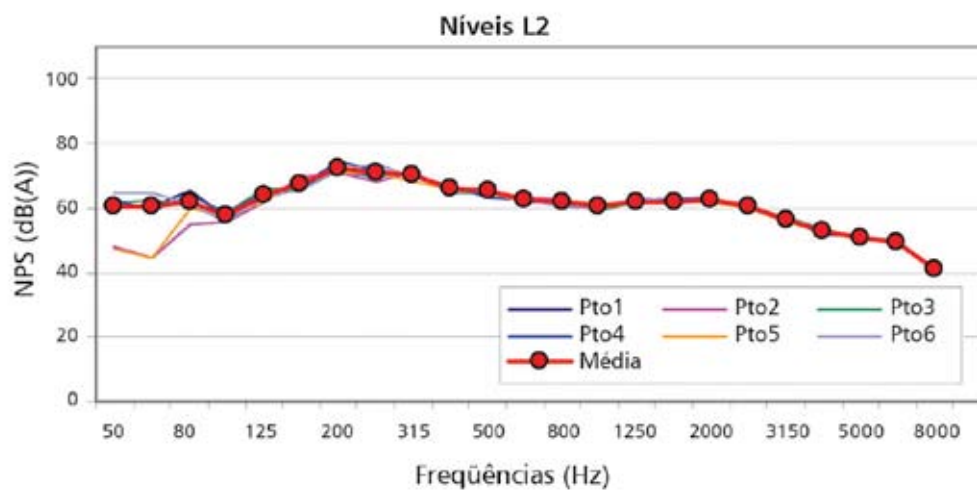


Figura 283 – Níveis L2 medidos e curva média, para a parede A

B2 - Parede interna A

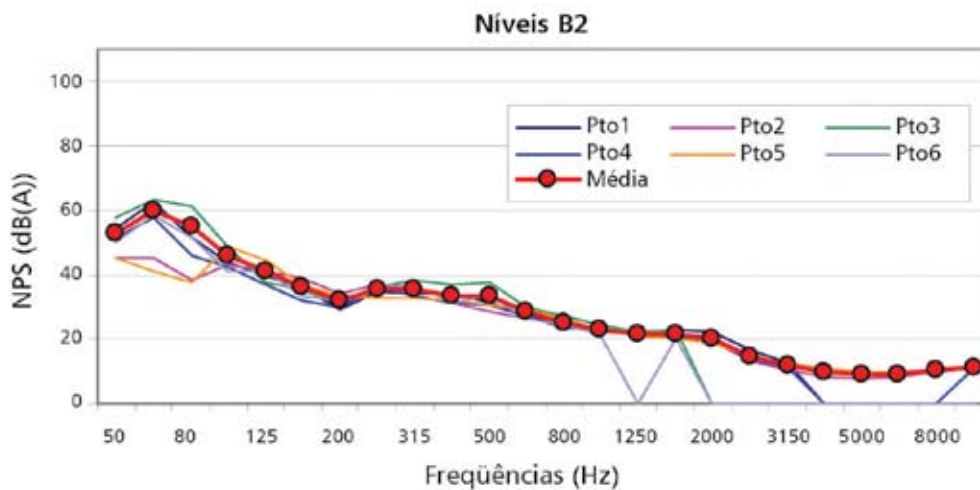


Figura 284 – Níveis medidos de ruído de fundo, B2, e curva média, para a parede A

T2 - Parede interna A

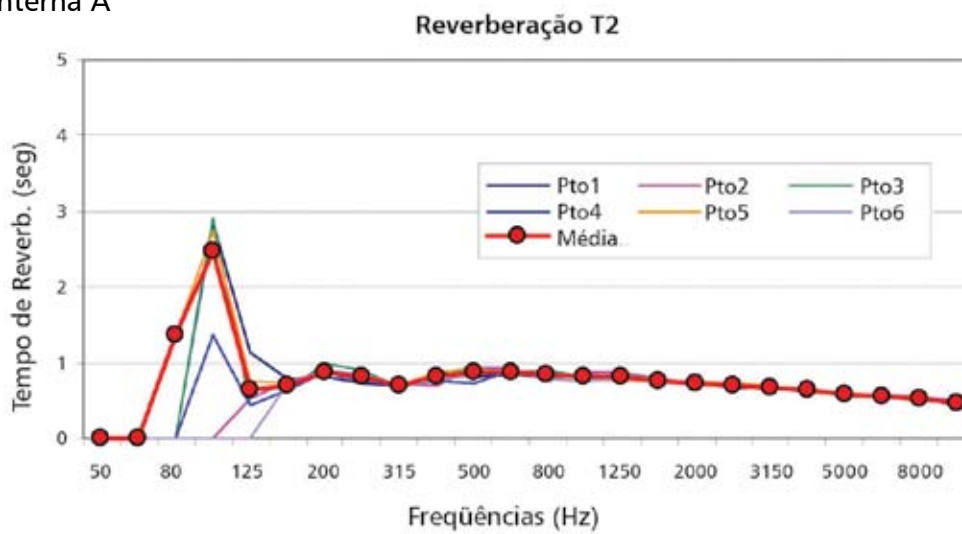
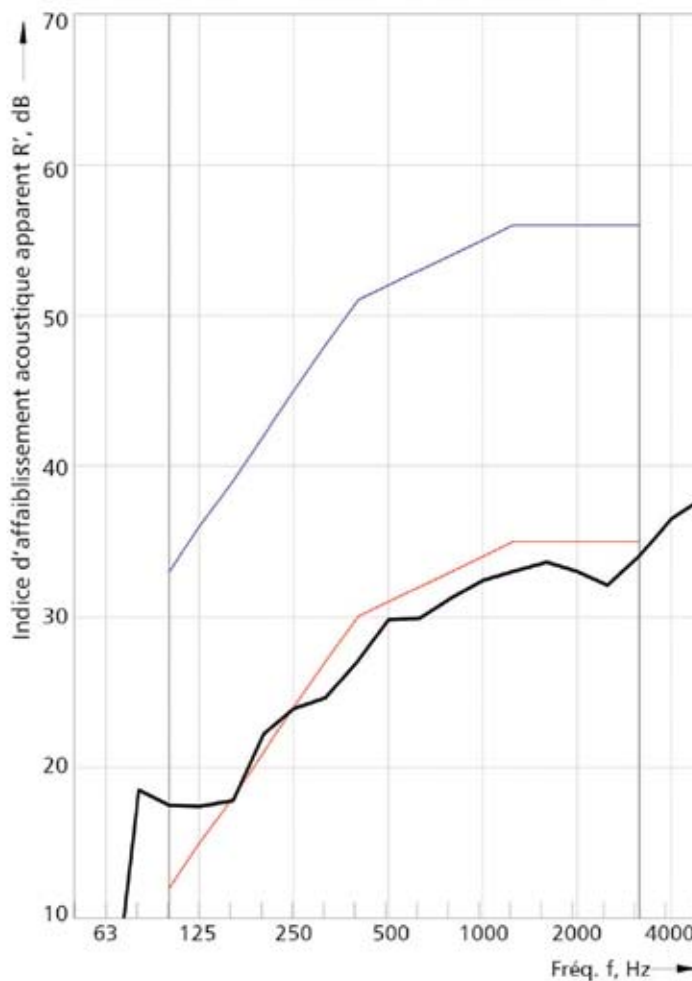


Figura 285 – Tempos de reverberação medidos, T2, e curva média, para a parede A

ÍNDICE R'w - Parede interna A

Fréq. f Hz	R' 1/3 Octave dB
50	0,0
63	0,0
80	18,5
100	17,5
125	17,4
160	17,8
200	22,2
250	23,9
315	24,6
400	27,1
500	29,8
630	29,9
800	31,3
1000	32,4
1250	33,0
1600	33,6
2000	33,0
2500	32,1
3150	34,0
4000	36,5
5000	37,8



Evaluation selon SO 717-1

$R'_w (C; C_{tr}) = 31 (-1; -3) \text{ dB}$

Evaluation basée sur des mesures
insitu en bandes de tiers d'octave par
méthode e'expertise

$C_{50-3150} = \text{N/AdB}; C_{50-5000} = \text{N/AdB}; C_{100-5000} = 0\text{dB};$

$C_{tr, 50-3150} = \text{N/AdB}; C_{tr, 50-5000} = \text{N/AdB}; C_{tr, 100-5000} = -3\text{dB};$

Figura 286 – Resultados da parede A, conforme a ISO 717-1

L1 - Parede interna B

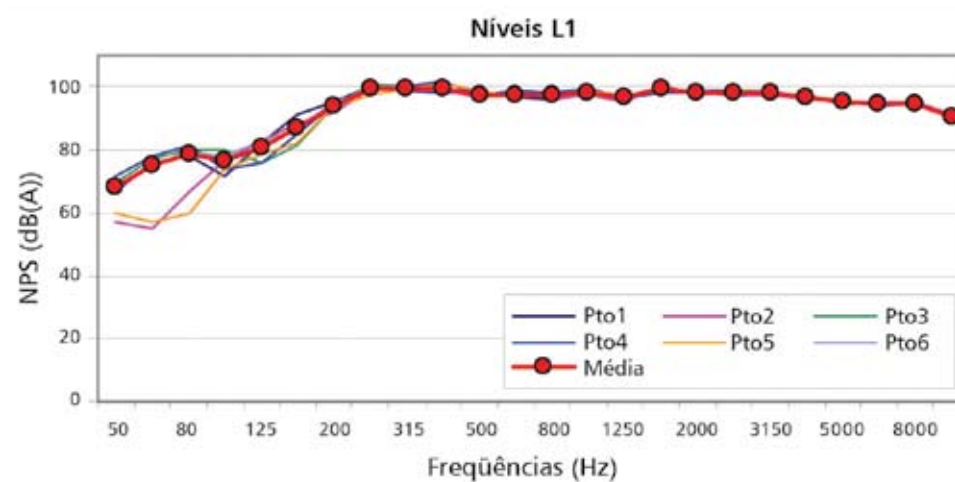


Figura 287 – Níveis L1 medidos e curva média, para a parede B

L2 - Parede interna B

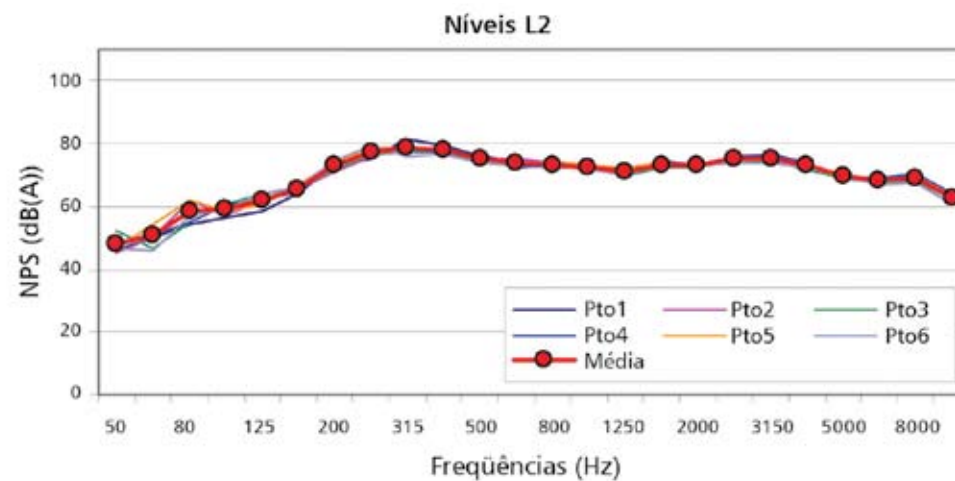


Figura 288 – Níveis L2 medidos e curva média, para a parede B

B2 - Parede interna B

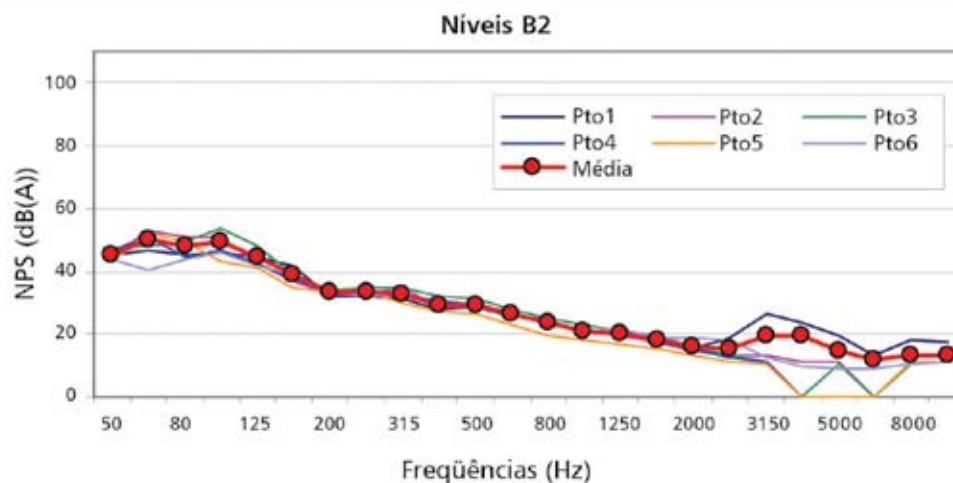


Figura 289 – Níveis medidos de ruído de fundo, B2, e curva média, para a parede B

T2 - Parede interna B

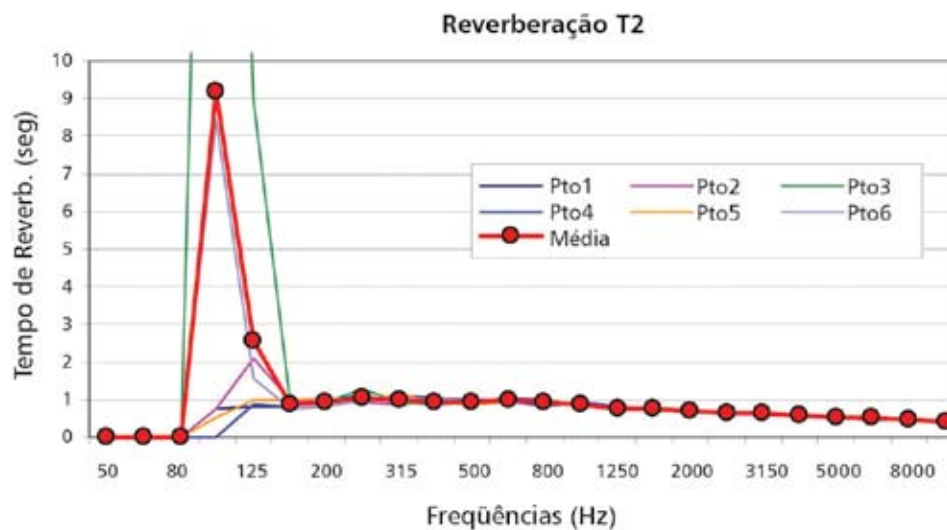


Figura 290 – Tempos de reverberação medidos, T2, e curva média, para a parede B

ÍNDICE R'w - Parede interna B

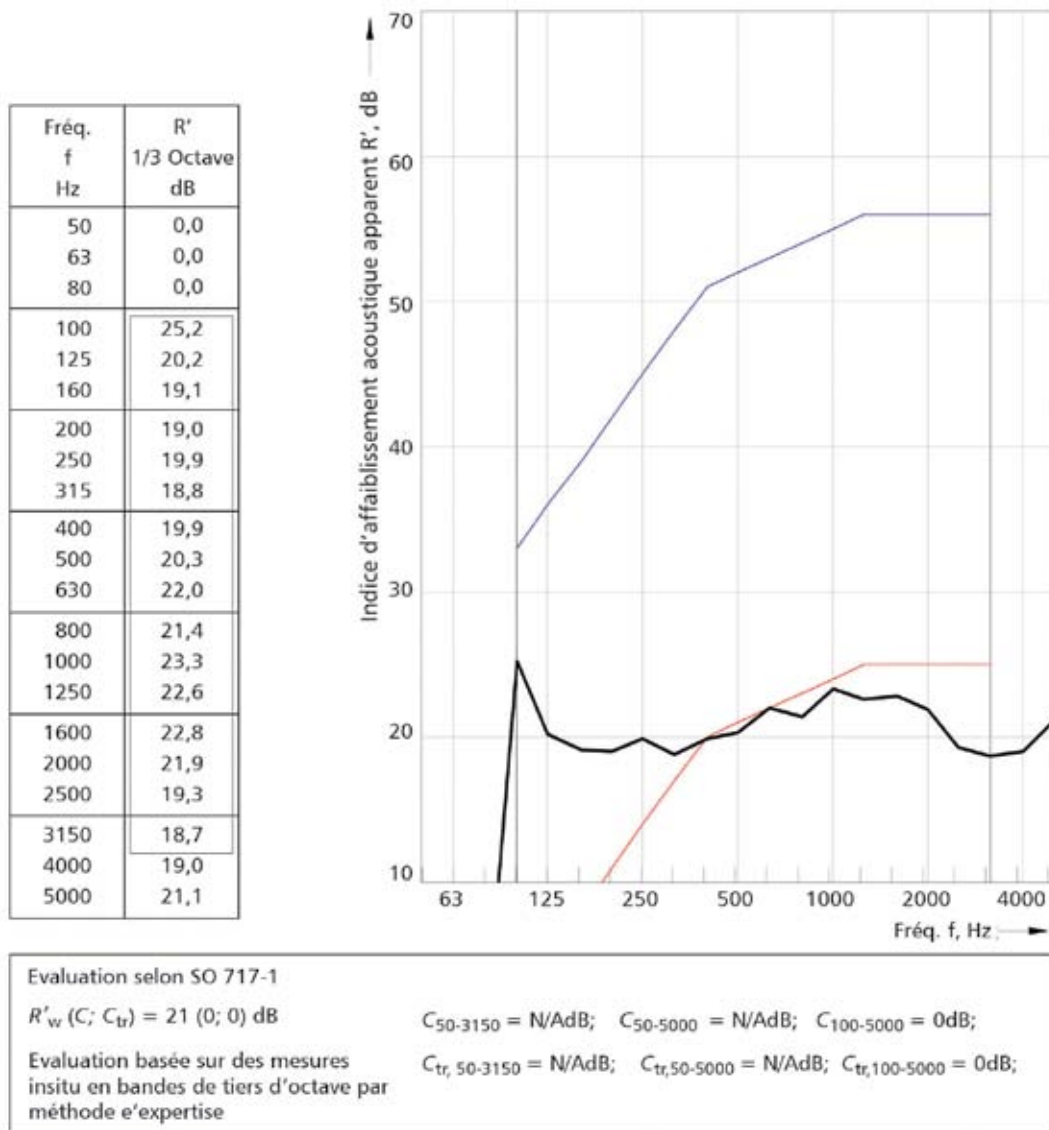


Figura 291 – Resultados da parede B, conforme a ISO 717-1

L1 - Parede externa C

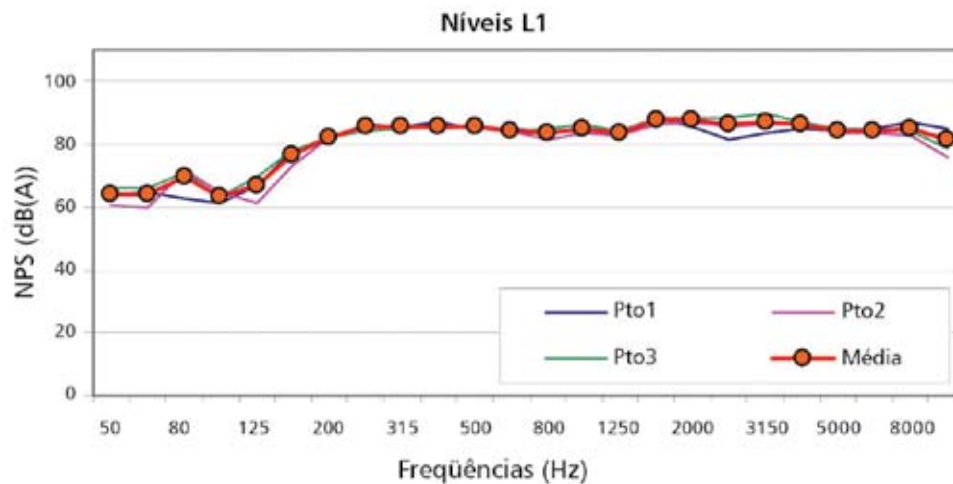


Figura 292 – Níveis L1 medidos e curva média, para a parede C

L2 - Parede externa C

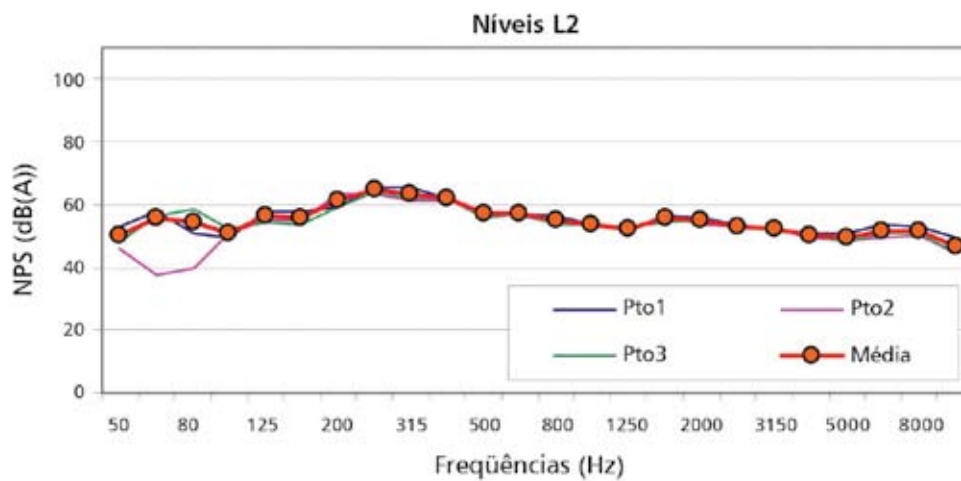


Figura 293 – Níveis L2 medidos e curva média, para a parede C

B2 - Parede externa C

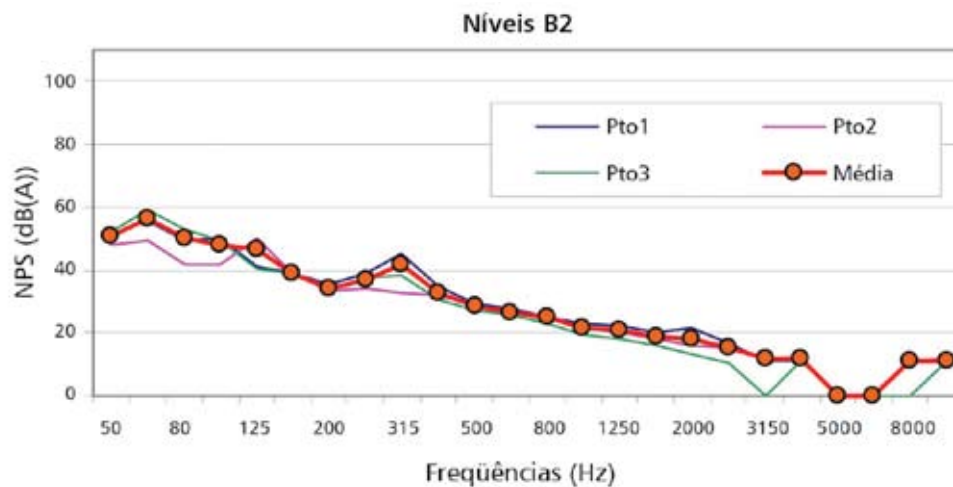


Figura 294 – Níveis medidos de ruído de fundo, B2, e curva média, para a parede C

T2 - Parede externa C

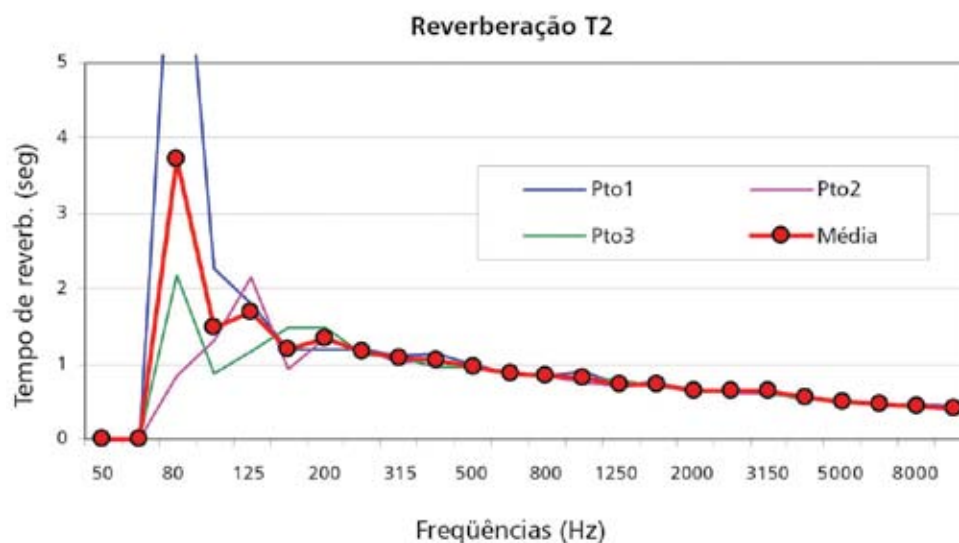


Figura 295 – Tempos de reverberação medidos, T2, e curva média, para a parede C

ÍNDICE R'w - Parede externa C

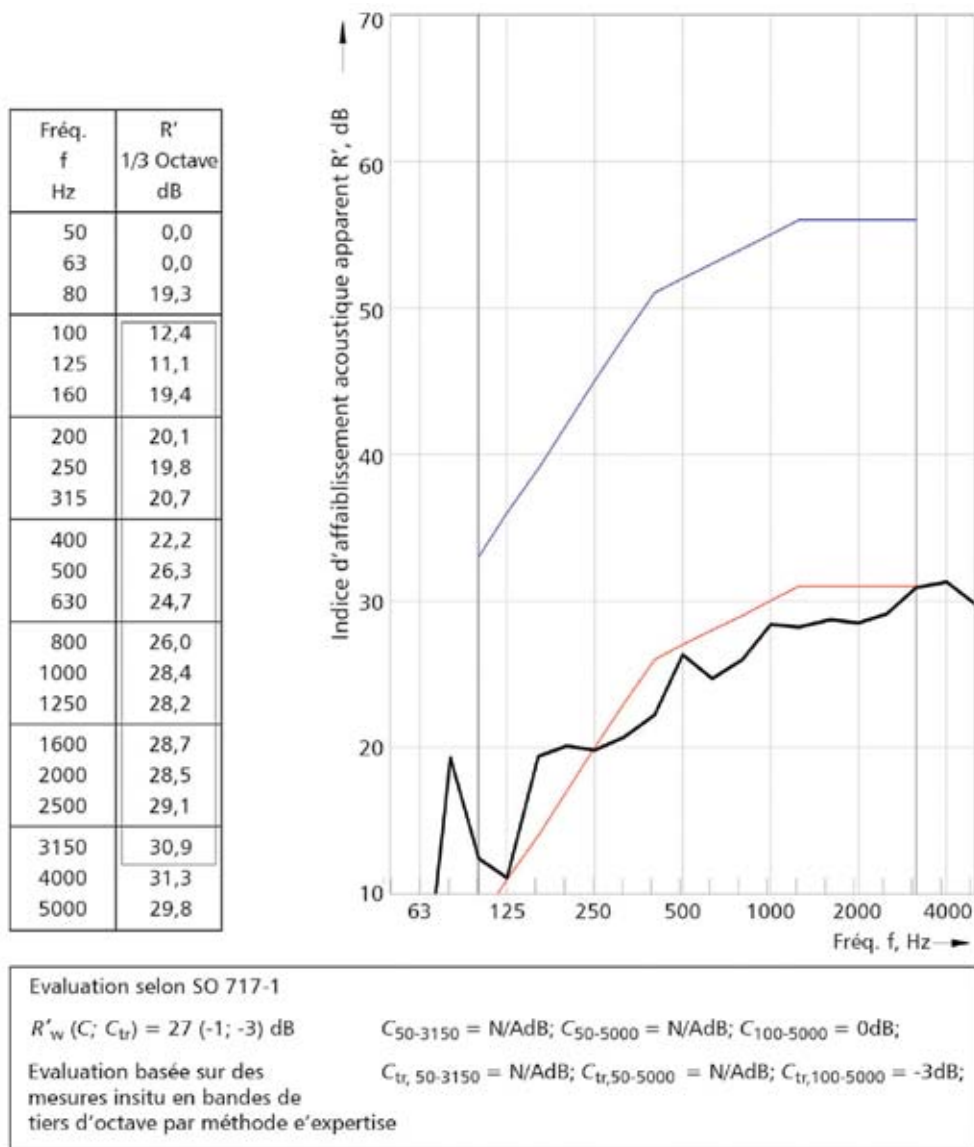


Figura 296 – Resultados da parede C, conforme a ISO 717-1

L1 - Parede externa D

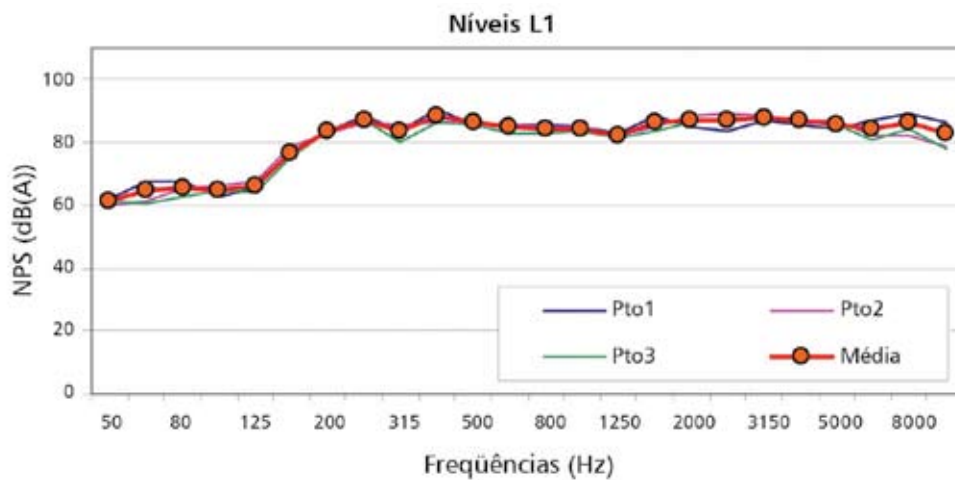


Figura 297 – Níveis L1 medidos e curva média, para a parede D

L2 - Parede externa D

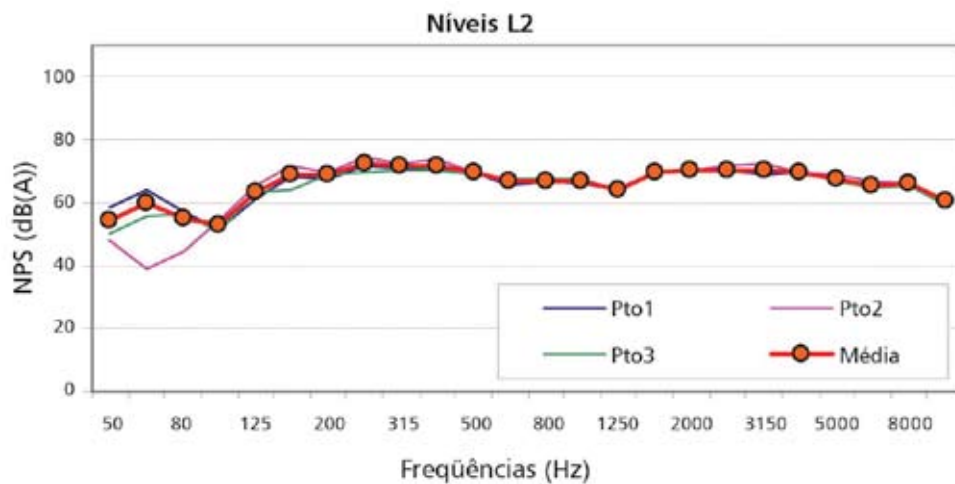


Figura 298 – Níveis L2 medidos e curva média, para a parede D

B2 - Parede externa D

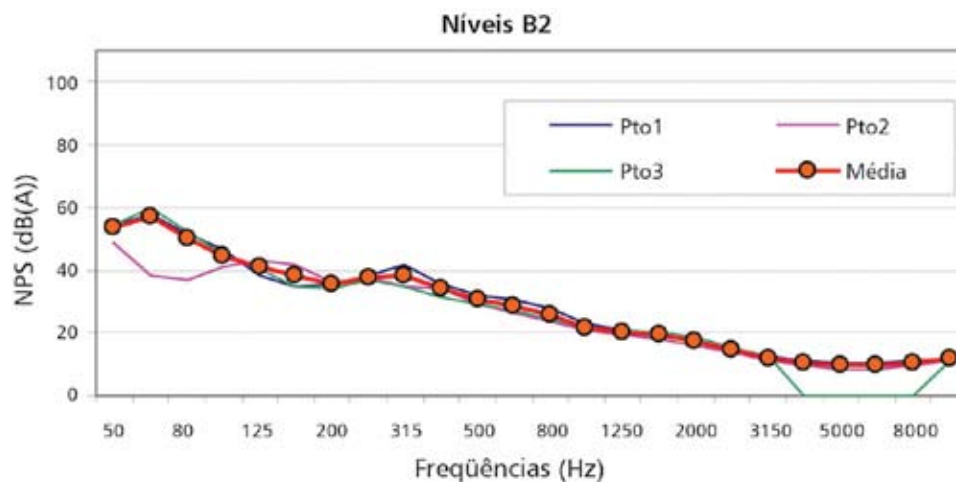


Figura 299 – Níveis medidos de ruído de fundo, B2, e curva média, para a parede D

T2 - Parede externa D

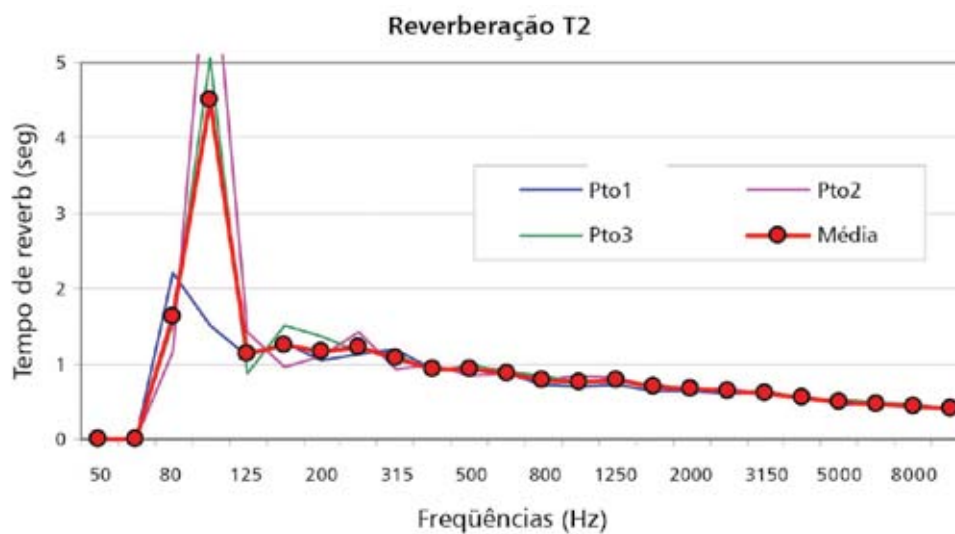


Figura 300 – Tempos de reverberação medidos, T2, e curva média, para a parede D

ÍNDICE R'w - Parede externa D

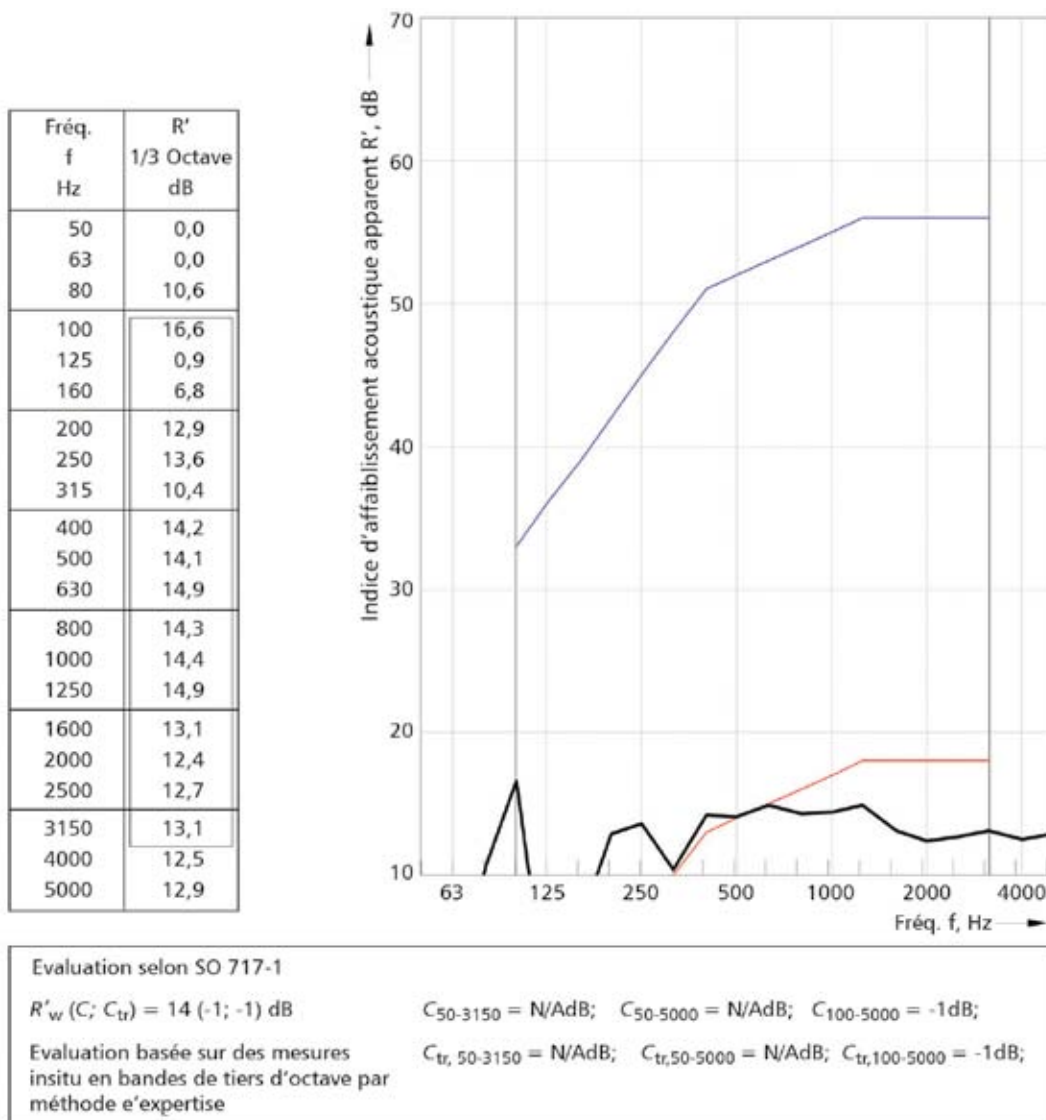


Figura 301 – Resultados da parede D, conforme a ISO 717-1

8.4.3.4.1 Resumo dos resultados

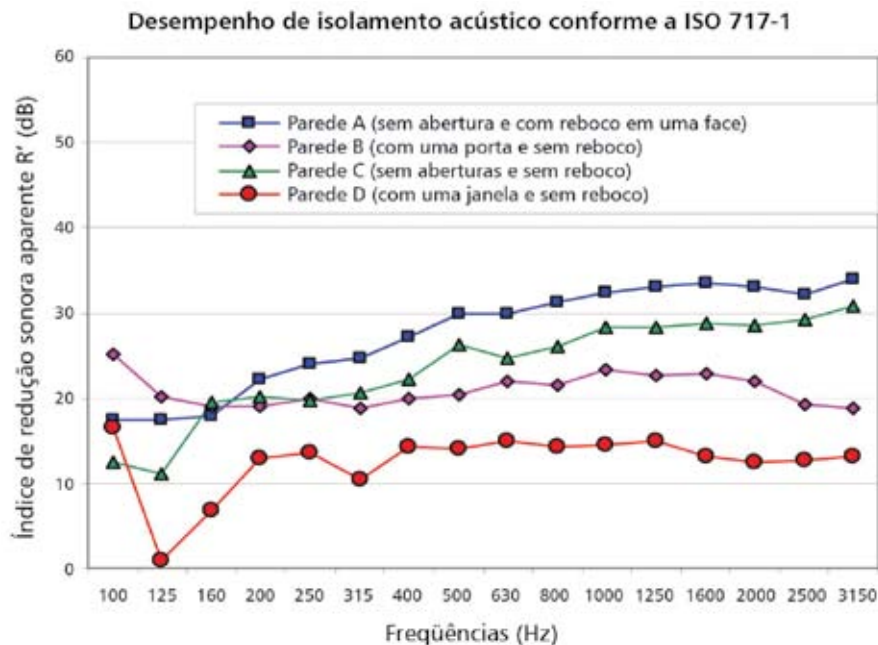


Figura 302 – Resumo comparativo dos resultados obtidos para cada parede

Índice de Redução Sonora D_nT_w						
	R'	Correção C	D_nT_w	Norma	Aberturas	Espec. de paredes
Parede A	31	-1 dB	30	140-4	0	reboco em 1 face
Parede B	27	-1 dB	26	140-5	0	0
Parede C	21	0 dB	21	140-4	1 porta	0
Parede D	14	-1 dB	13	140-5	1 janela	0

Quadro 48 – Índices de Redução Sonora, D_nT_w

8.4.3.5 Avaliação conforme a ABNT (projeto 02:136.01-001/1)

Paredes internas

O Quadro 49 apresenta, conforme a norma ABNT (2005), projeto 02:136.01-001/1, em fase de aprovação à época de realização do presente estudo, a classificação dos níveis de desempenho (Mínimo - M, Intermediário - I e Satisfatório - S), para paredes internas de edificações de até cinco pavimentos. Assim, pode-se classificar os resultados

Elemento	DnTw [dB]	Nível de desempenho
Parede entre ambientes de uma mesma unidade habitacional	25 a 29	M
	30 a 34	I
	≥ 35	S

Quadro 49 – Níveis DnTw, segundo a norma ABNT, para paredes internas

Paredes externas

O Quadro 50 apresenta, conforme a norma da ABNT (2005), projeto 02:136.01-001/1 a classificação dos níveis de desempenho (Mínimo - M, Intermediário - I e Satisfatório - S), para fachadas mais coberturas de edificações de até cinco pavimentos. Assim, pode-se classificar os resultados obtidos para as paredes internas C e D. Nessa tabela utilizou-se a coluna (D2m,nT,w), e não a coluna (D2m,nT,w+5), visto que a segunda deve ser utilizada no caso de habitações localizadas junto a vias de tráfego intenso (rodoviá-

obtidos para as paredes internas A e B:

- Parede A: DnTw = **30 dB** - Nível de Desempenho - **Intermediário**; e
- Parede B: DnTw = **21 dB** - Nível de Desempenho - **Insuficiente** (4 dB abaixo do nível mínimo de desempenho estipulado na norma citada).

rio, ferroviário ou aéreo), o que não foi o caso.

- Parede C: D2m,nT,w = **26 dB** - Nível de Desempenho - **Insuficiente** (4 dB abaixo do nível mínimo de desempenho estipulado na norma citada).
- Parede D: D2m,nT,w = **13 dB** - Nível de Desempenho - **Insuficiente** (7 dB abaixo do nível mínimo de desempenho estipulado na norma citada).

Elemento	DnTw [dB]	DnTw+5 [dB]	Nível de desempenho
Vedação externa (fachada + cobertura)	30 a 34	35 a 39	M
	35 a 39	40 a 44	I
	≥ 40	≥ 45	S

Quadro 50 – Níveis D2m,nT,w, segundo a norma ABNT, para paredes externas

8.4.3.6 Avaliação conforme a NBR 10152 (ABNT, 2000a): níveis de ruído para conforto acústico

A NBR 10152:2000 fixa os valores de ruído compatíveis com o conforto acústico, em dB(A) e curvas NC, em ambientes diversos. O Quadro 51 apresenta o valor inferior da faixa representando o nível sonoro para conforto acústico, em ambientes residenciais, enquanto o valor superior significa o nível sonoro aceitável para a finalidade. Os níveis superiores aos estabelecidos são considerados de desconforto, sem necessariamente implicar riscos à saúde.

A Figura 303 apresenta o desempenho dos ambientes internos do protótipo, diante dos valores de ruído de fundo, comparando-os com as Curvas NC, segundo a Norma NBR 10152.

- Dormitório 01: **NC 30 (proporciona conforto, conforme a norma NBR 10152)**
- Dormitório 02: **NC 35 (proporciona conforto, conforme a norma NBR 10152)**
- Sala de estar: **NC 25 (proporciona conforto, conforme a norma NBR 10152)**

8.4.3.7 Conclusões

Conforme a nova norma de desempenho (projeto 02:136.01-001/1), o PCA apresenta déficit de

Níveis para conforto acústico - NBR 10152	
Residências	NC
Dormitórios	30-40
Salas de estar	35-45

Quadro 51 – Níveis de ruído para conforto acústico, segundo a NBR 10152

isolamento em suas alvenarias voltadas para a rua (fachada). O desempenho insuficiente, no quesito “isolamento acústico”, deveria proporcionar desconforto aos usuários do PCA. Ao ser verificado o ruído de fundo, dentro dos ambientes internos, conforme a norma NBR 10152 (ABNT, 2000a), constatou-se que os ambientes atingem o conforto acústico necessário. Logicamente, a implantação de uma residência em local afastado de trânsito urbano, como é o caso do Protótipo Casa Alvorada, no *campus* da UFRGS, necessita de menores índices de desempenho de isolamento acústico de fachadas do que os índices estipulados na nova norma de desempenho proposta (projeto 02:136.01-001/1); no entanto, em outras condições de implantação, há que se observar suas limitações e necessidade de melhorias, principalmente por meio da redução de frestas em suas esquadrias.

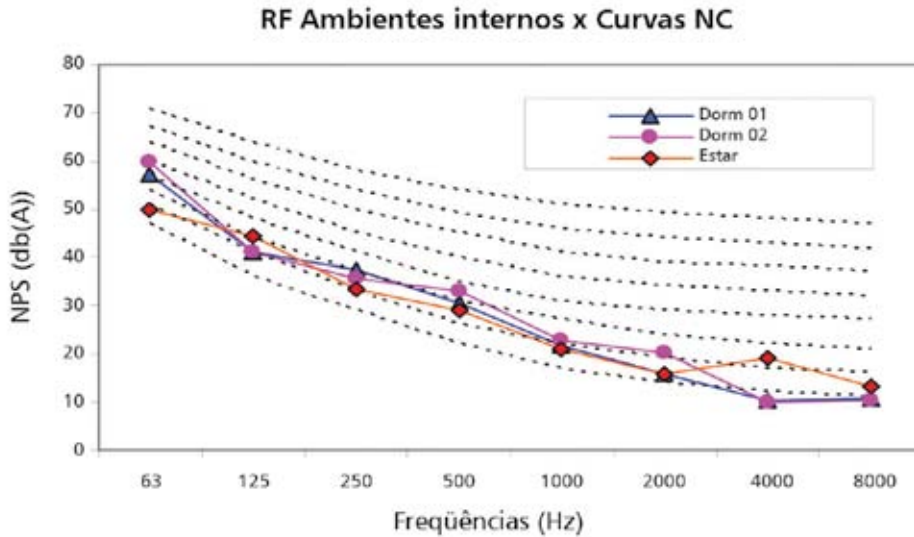


Figura 303 – Comparação entre os níveis de ruído de fundo e as curvas NC

Quanto às paredes internas do PCA, identificou-se um desempenho diferenciado para as duas paredes analisadas. A parede que separa os dormitórios (parede A) atingiu um desempenho intermediário, conforme o estipulado na norma (projeto 02:136.01-001/1). A parede que separa o dormitório da sala (parede B) não atingiu o desempenho mínimo requerido no mesmo projeto de norma. A diferença construtiva entre as duas paredes é que uma é rebocada de um lado e não apresenta nenhuma abertura diretamente voltada para o dormitório onde foi avaliada a recepção de ruído, enquanto a outra parede (B) não possui reboco em nenhuma das faces. Além da falta de reboco, o dormitório possui uma porta que o liga com a sala de estar. Verificou-se que a porta se apresenta com frestas, junto aos batentes, sendo essa semi-oculta e leve. Assim, pode-se admitir que esse

elemento juntamente com a falta de reboco em uma das faces sejam itens determinantes do baixo desempenho da parede B.

Nabinger (2006) sugere que todas as alvenarias internas, que separam ambientes, sejam rebocadas em, pelo menos, uma de suas faces, e que as aberturas sejam trocadas (portas e janelas) por aberturas com melhor desempenho de isolamento acústico, garantindo, assim, a privacidade acústica necessária entre ambientes de uma mesma unidade habitacional.

Enquanto o ruído de fundo (RF), no exterior da residência, permanecer com baixos níveis sonoros, as alvenarias externas poderão permanecer do modo que se encontram, visto que, no interior do PCA, o conforto acústico é alcançado, conforme os parâmetros estabelecidos pela NBR 10152.

8.4.4 Avaliação de desempenho ambiental

8.4.4.1 Introdução

Considerando-se que o Protótipo Casa Alvorada foi concebido e construído segundo princípios da sustentabilidade, este estudo, resultado do trabalho de pesquisa de Kuhn (2006), busca avaliar a edificação como um todo, através da caracterização e análise dos principais impactos ambientais relacionados aos seus subsistemas e materiais. Para a elaboração da metodologia, buscou-se, através da revisão bibliográfica, embasamento nos sistemas de avaliação ambiental existentes. A estrutura de avaliação aplicada foi composta de critérios ambientais, e os resultados apontam os benefícios e as desvantagens das soluções adotadas, permitindo tanto a identificação das alternativas mais adequadas como daquelas que podem ser aprimoradas. Os resultados obtidos com a avaliação do Protótipo Casa Alvorada estabelecem um referencial de comparação para novas propostas de habitações de interesse social que busquem maior sustentabilidade.

8.4.4.2 Metodologia

Objeto de estudo

O PCA se caracteriza por apresentar uma tipologia de edificação térrea e isolada, com 50,51 m² de área construída, de planta aproximadamente quadrada e com cobertura voltada predominantemente para o sul (Figura 304). Não foram considerados no estudo os subsistemas de instalações elétricas e hidráulicas, por não haver, até a realização dele, projeto definitivo para os mesmos. Logo, os subsistemas ava-

liados correspondem àqueles construídos até a data de realização deste estudo, que foram subdivididos e nomeados da maneira a seguir.

1. **Fundações:** executadas em pedras de granito (parcialmente originárias de sobras de substituição de pavimentos do *campus* Central da UFRGS e da demolição de uma pequena edificação, em desuso, no Laboratório de Energia Solar da UFRGS), sobre camada compactada de solo cimento e coroadas por vigas de concreto, que foram impermeabilizadas com emulsão asfáltica elastomérica.

2. **Pisos:** a este subsistema correspondem, além dos pisos propriamente ditos, o lastro de pedra britada e o contrapiso assentado sobre eles. As placas cerâmicas esmaltadas, aplicadas no banheiro, foram assentadas com argamassa adesiva pré-fabricada, e aquelas não esmaltadas, aplicadas no restante da habitação, com argamassa de cimento e areia. A argamassa de rejuntamento foi produzida *in loco*.

3. **Alvenarias:** constituídas por fiadas simples de tijolos maciços de cerâmica vermelha, com espessura total de 11 cm. Àquelas externas, orientadas a sul e a oeste, foram aplicados chapisco e massa única, como forma de aumentar a resistência térmica e a durabilidade das fachadas, que se encontram em situação mais crítica de exposição.

4. **Esquadrias:** de madeira de eucalipto, de diversas espécies, construídas segundo os modelos de fábrica, porém com dimensões e alguns

detalhes específicos. Totalizam 7 janelas e 5 portas, com um volume útil de madeira aproximado de 0,60 m³. Para preservação da madeira das esquadrias foi testado um tratamento alternativo, composto de dois tipos de mistura.

5. **Cobertura:** a estrutura de sustentação é composta de vigas de concreto e caibros de madeira de cedrinho e pínus. Um incremento no isolamento térmico do subsistema é proporcionado por folhas de alumínio, reaproveitadas do processo de *off-set* de indústrias gráficas. As telhas de recobrimento são cerâmicas, não esmaltadas, e o forro é constituído por lambris de cedrinho.

6. **Pergolados:** são dois os pergolados presentes na habitação: um orientado a norte, e outro, a oeste da edificação. São de troncos roliços

de eucalipto, não tratados, de duas espécies (*Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*). As peças apoiadas sobre o piso fazem-no através de paralelepípedos de granito, em parte reutilizados, e pequenos blocos de fundação, em concreto, que os mantêm distanciados do solo, para restringir o acesso pela umidade do solo.

Mais informações sobre o protótipo Casa Alvorada podem ser encontradas nas dissertações de Fernandes (2004), Morello (2005) e Oliveira (2005), e nos trabalhos publicados por Rosa, Sedrez e Sattler (2001) e Costa Filho, Bonin e Sattler (2000).

Síntese dos procedimentos adotados

A revisão bibliográfica foi o principal instrumento para o desenvolvimento deste trabalho. Através dela se procurou compreender os principais mecanismos ambientais geradores de impactos ao longo do ciclo

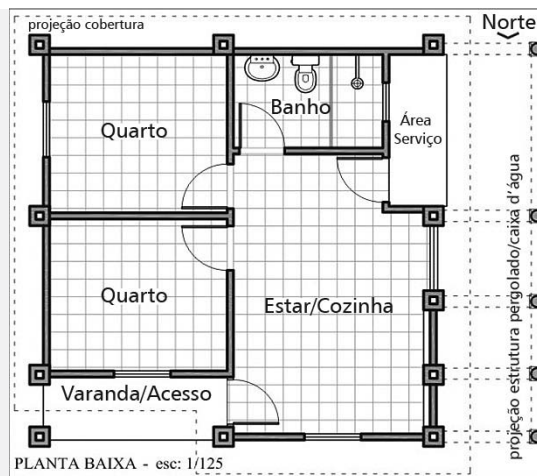


Figura 304 – Vista norte e planta baixa do protótipo Casa Alvorada

de vida das edificações e obter fontes de dados específicas para a avaliação. Para a elaboração da metodologia também se buscou, na literatura, embasamento nas ferramentas de avaliação ambiental existentes. A estrutura de avaliação resultante, aplicada, foi composta de critérios ambientais, e os procedimentos adotados, desde a seleção até sua caracterização final, são sinteticamente descritos a seguir. A autora destacou que não foi intenção de seu trabalho, através da definição dos procedimentos de caracterização de impactos ambientais, criar um método reaplicável.

- Seleção preliminar de critérios ambientais de avaliação

Através da análise das principais ferramentas de avaliação ambiental de edificações existentes, levantou-se uma lista preliminar de critérios ambientais, pertinentes à avaliação ambiental de uma habitação de interesse social no contexto brasileiro. A possibilidade e a forma de caracterização de cada critério selecionado passaram, então, a ser avaliadas no decorrer da etapa seguinte à de levantamento de dados. Isso ocorreu porque se partiu do pressuposto de que a estrutura de avaliação deveria ser baseada em dados disponíveis, fazendo com que a coleta de dados e a definição dos critérios e forma de caracterização dos mesmos ocorressem como processos interativos.

- Levantamento de dados e cálculos de consumo de materiais

O levantamento de dados não ocorreu em um único período, e sim ao longo de todo o trabalho. À medida que era verificada a existência de dados relevantes, considerava-se a adequação desses aos critérios

previamente selecionados. Os dados levantados pertencem a duas categorias distintas. Na primeira categoria se inserem as informações específicas relativas ao protótipo Alvorada; na segunda, estão aquelas sobre as características e propriedades dos materiais utilizados e seus processos de manufatura, no contexto nacional.

a. Relativos à habitação

O levantamento de dados da edificação incluiu a identificação e a quantificação dos subsistemas e materiais que a compõem. A caracterização física foi realizada a partir de dados do projeto (tais como plantas baixas, cortes e elevações) e levantamentos no local. Isso permitiu identificar as alterações do edifício construído em relação ao projeto original. Já as informações referentes à etapa de construção foram obtidas mediante entrevistas com os construtores, documentos, relatórios e planilhas de construção, tais como fotos e planilhas de controle de materiais adquiridos e de identificação de fornecedores.

A partir da identificação da composição dos subsistemas, partiu-se para o cálculo das quantidades úteis dos materiais incorporados. Aos consumos úteis ou de referência, calculados para os diferentes materiais, agregaram-se valores relativos a perdas. Esses valores foram obtidos por meio de comparações entre os quantitativos de referência calculados e o consumo real de materiais, registrado nas planilhas de controle de compras, durante a etapa de construção.

b. Relativos a características dos materiais e seus processos de manufatura, no contexto brasileiro

A limitada disponibilidade desse tipo de fonte de informação foi determinante para a definição da

possibilidade de caracterização dos critérios de avaliação levantados inicialmente. Foram utilizados dados genéricos e específicos, obtidos de diversas fontes na literatura. Por isso, freqüentemente, não foram representativos dos setores de produção como um todo, nem apresentavam, originalmente, padronização da comunicação das informações. Esses aspectos conferem imprecisões à avaliação, mas essa forma de obtenção de dados foi aquela identificada como possível quando da realização do trabalho, considerando-se as limitações de recursos financeiros e de tempo então existentes.

- Definição dos critérios de avaliação e caracterização dos impactos ambientais

Os critérios de caracterização definidos buscaram abranger todas as etapas do ciclo de vida que pudessem ser quantificadas ou qualificadas. Os critérios fixados estão classificados em dois grupos: primeiro, o consumo de recursos; e segundo, as emissões e geração de resíduos, de acordo com o tipo de carga ambiental exercida. Não são contemplados critérios relativos ao conforto do ambiente interno, uma vez que esses aspectos de desempenho já foram bem explorados em outros dois trabalhos focados no protótipo Alvorada. Os resultados de todos os critérios estipulados correspondem a impactos negativos ao meio ambiente, e a forma de caracterização para cada um deles é explicitada individualmente.

a. Emissão de resíduos tóxicos

A caracterização desse critério se baseia na identificação dos materiais incorporados nos subsistemas, cujos processos de manufatura, uso ou dispo-

sição final possam emitir resíduos tóxicos. Não são quantificados, especificamente, os resíduos tóxicos emitidos, mas apenas as massas dos materiais que os emitem, em alguma dessas etapas do ciclo de vida. Também não é especificado o grau de periculosidade das diferentes emissões.

b. Consumo de energia e emissões de CO₂ relacionadas a transportes

Para a caracterização do consumo de energia e emissões relacionadas a transportes foram adotados os mesmos procedimentos definidos nos trabalhos de Sperb (2000) e Oliveira (2005). O cálculo da energia consumida foi feito através do produto da massa do material, pelo índice energético para transporte e pela distância transportada. Ao resultado, em MJ, se aplica o índice de emissões de CO₂ gerado pela queima de óleo diesel em veículos europeus pesados, de transporte de carga, que, segundo o Intergovernmental Panel on Climate Change (IPPC, 1996), corresponde a 74 g/MJ. As distâncias transportadas correspondem àquelas entre as cidades produtoras dos materiais e Porto Alegre. Foram extraídas do portal MSN Maps & Directions (2005) e considerados os percursos mais diretos entre os centros das cidades.

c. Consumo de energia para processos

O cálculo do consumo de energia para processos é realizado a partir do produto dos índices energéticos dos diferentes materiais, pelas suas respectivas massas. Os índices energéticos adotados não correspondem àqueles específicos às indústrias de origem dos materiais empregados. Foram obtidos na literatura, o que confere certa limitação à caracteriza-

ção desse critério, já que, muitas vezes, os índices disponíveis se referem a grupos pequenos de indústrias ou, até mesmo, a uma única indústria, não representando o desempenho do setor como um todo.

d. Incorporação de recursos não reaproveitados

Esse critério caracteriza a quantidade de recursos reaproveitados em relação à de recursos novos, incorporados na edificação. Foi feita uma distinção dos materiais em função do tipo de reaproveitamento de recursos empregados. Materiais residuais oriundos de outros processos ou da demolição de edificações, que não sofrem nenhum novo processo para serem incorporados à edificação, são denominados reutilizados. Esses materiais têm 100% da sua massa caracterizada como recursos reaproveitados. Materiais com conteúdo reciclado, em contraste, freqüentemente apresentam apenas parte de sua composição formada por recursos reaproveitados; além disso, caracterizam-se por exigirem novos processos de manufatura. Esses materiais são identificados como aqueles cujos processos de fabricação adotam, como prática corrente, a incorporação de resíduos gerados por outros processos produtivos. Tais práticas foram identificadas a partir de informações disponibilizadas pelos fabricantes ou por trabalhos específicos sobre materiais. Salienta-se, no entanto, que não foi estimada quantitativamente a massa de resíduos incorporados; o critério se baseia, apenas, na quantificação das massas de materiais que não foram reutilizados ou que não possuam insumos reciclados.

e. Incorporação de recursos sem potencial de reaproveitamento

Esse critério se fundamenta na identificação

dos materiais incorporados na edificação que apresentem baixo potencial para reutilização ou restrições para reciclagem. A caracterização é feita mediante a quantificação das massas de materiais que possuam baixo ou nulo potencial para reaproveitamento em relação àqueles que apresentem médio ou alto potencial.

f. Perdas de recursos

A caracterização desse critério é feita através da relação entre o consumo de referência (ou útil) calculado e o consumo real de recursos, determinados por meio das planilhas de controle de compras de materiais, durante a etapa de construção. É considerado como perda o consumo de recursos excedentes aos valores de referência, incluindo tanto aqueles que se converteram em resíduos quanto aqueles incorporados à edificação, durante a etapa de construção, ou devido à não-otimização de projetos específicos.

g. Uso de madeira nativa não certificada

A caracterização desse critério está atrelada à consideração de que, até o presente momento, há disponibilidade restrita de madeira nativa brasileira certificada no mercado nacional. Além disso, como algumas espécies tradicionalmente utilizadas na construção civil encontram-se ameaçadas, considera-se, neste trabalho, um impacto ambiental negativo o uso da madeira proveniente de florestas nativas. Assim, como alternativa, propõe-se o uso de madeira de reflorestamento, de espécies não nativas, e caracteriza-se esse critério através da relação entre as massas de madeiras nativas e não nativas empregadas na edi-

ficação. Salienta-se que foram quantificadas, além das madeiras incorporadas, também aquelas utilizadas para a confecção das formas para concreto.

8.4.4.3 Análise dos resultados

Optou-se por estabelecer uma forma de visualização dos resultados através de gráficos que caracte-

terizassem os impactos da edificação em duas escalas: global e por subsistema. O Quadro 52 sintetiza os quantitativos gerais (em massa) de materiais incorporados nos subsistemas. Os resultados da caracterização de impactos ambientais estão resumidos no item seguinte. Considerações gerais são feitas na seção 8.4.4.4.

Subsistema	Massa de materiais reaproveitados (kg)	Massa de materiais não reaproveitados (kg)	Massa total incorporada no subsistema (kg)
Fundações	8.363,92	40.858,46	49.222,39
Piso	0,00	14.169,34	14.169,34
Alvenarias	5,41	32.082,31	32.087,72
Esquadrias	0,00	984,88	984,88
Cobertura	578,55	11.313,40	11.891,95
Pergolado	192,81	2.260,95	2.453,76
Total	9.140,69	101.669,35	110.810,04

Quadro 52 – Quantitativos gerais de materiais incorporados no PCA, discriminados por subsistema

Aplicação dos critérios ambientais

Os únicos materiais responsáveis por **emissões tóxicas** são o aço e a essência de terebentina (utilizada na preservação das esquadrias e pergolados). A quantidade de aço utilizada nas vigas de co-roamento e de baldrame foi responsável pelo desempenho – significativamente inferior aos dos demais subsistemas (Figura 305) – obtido pelos subsistemas de cobertura e fundações. O aço, no entanto, é res-

ponsável por emissões apenas durante o processo de fabricação. Quanto a emissões no ambiente interno, a essência de terebentina, utilizada para diluir o óleo de linhaça, usada no tratamento alternativo para madeira das esquadrias, foi a única substância identificada. A esse respeito, deve-se fazer uma análise mais profunda da periculosidade de seus efeitos, comparando-os com aqueles resultantes de alternativas tradicionais de tratamento da madeira.



Figura 305 – Emissão de resíduos tóxicos

Os resultados dos critérios de **consumo de energia e emissões de CO₂** relacionados ao transporte (Figuras 306 e 307) estão diretamente vinculados entre si. O subsistema de cobertura foi o que atingiu o pior desempenho em ambos os critérios, já que 90,5% do consumo de energia e das emissões associados a este subsistema são decorrentes do emprego da madeira de cedrinho, que é proveniente do Mato Grosso do Sul. Esta madeira foi utilizada tanto na estrutura de cobertura como na confecção de formas para vigas de

concreto. Esse material de construção é aquele cuja origem de produção é a mais distante da cidade de Porto Alegre, e o único, além do vidro (utilizado em pequena quantidade), não fabricado no Estado do Rio Grande do Sul. Ainda assim, esses valores de consumo podem ser considerados baixos, se comparados aos obtidos por Sperb (2000), na caracterização dos gastos energéticos para transportes dos subsistemas de cobertura e paredes de cinco tipologias de habitações de interesse social implantadas na Vila Tecnológica de Porto Alegre.

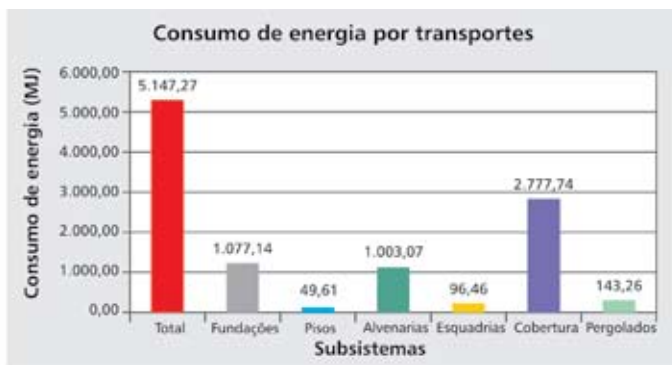
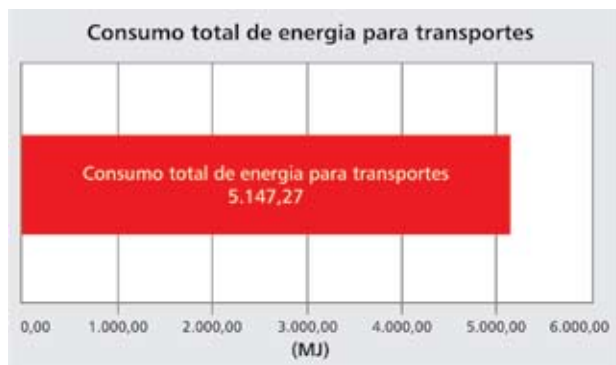


Figura 306 – Consumo de energia para transportes

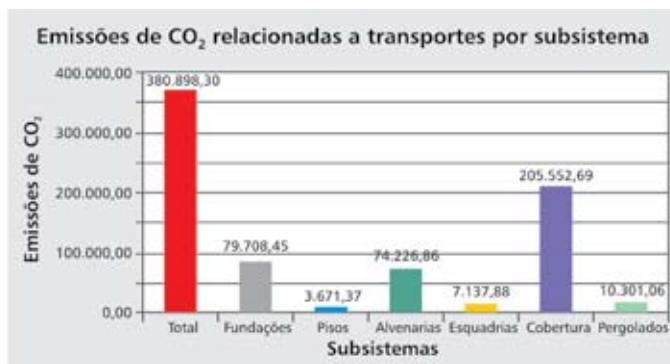
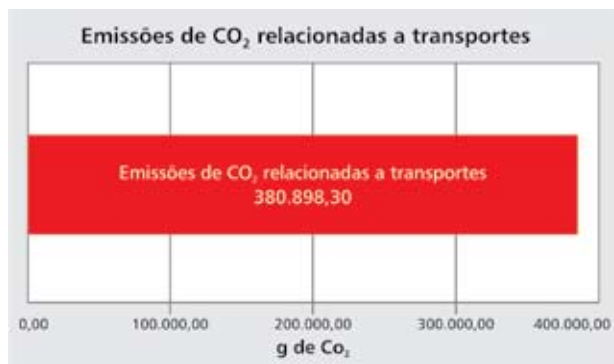


Figura 307 – Emissões de CO₂ relacionadas a transportes

Quanto ao **consumo de energia para processos de fabricação**, o valor total corresponde à energia operacional acumulada despendida ao longo de 18 anos de uso de uma edificação de mesmo padrão, segundo dados do estudo de Hansen (2000). Destacam-se os impactos gerados pelos subsistemas de alvenarias e cobertura (Figura 308). O consumo de energia das primeiras, por metro quadrado de área construída, embora não explicitado no gráfico,

correspondeu a 1.104,90 MJ; enquanto o da segunda, a 811,56 MJ. Esses valores são um pouco elevados, se comparados aos obtidos por Sperb (2000), e intermediários, se comparados aos obtidos por Krüger e Dumke (2001), que realizaram caracterizações de gastos energéticos para esses dois tipos de subsistemas em estudos nas Vilas Tecnológicas, respectivamente, de Porto Alegre e de Curitiba.

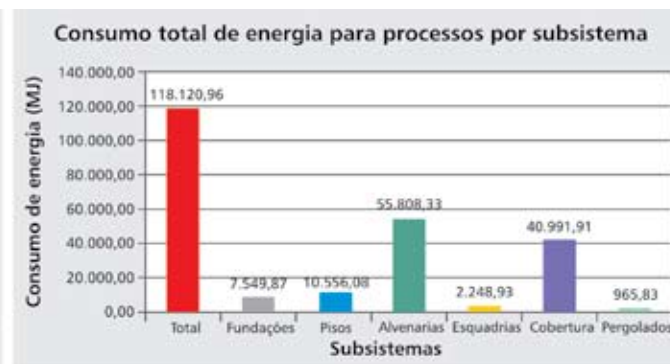
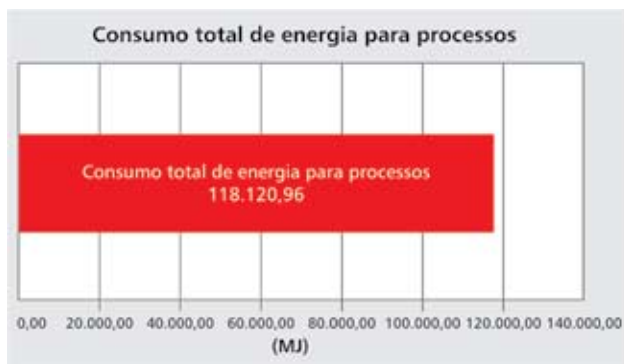


Figura 308 – Consumo de energia para processos de fabricação de materiais

Os resultados obtidos no critério de **incorporação de recursos não reaproveitados** (Figura 309) indicam que apenas um pequeno percentual dos materiais incorporados no PCA é oriundo de reaproveitamentos. No entanto, não sendo prática

corrente no Brasil a reutilização de estruturas preexistentes ou de materiais residuais de demolições de edificações, o mérito dessa iniciativa está na demonstração das vantagens de sua adoção.

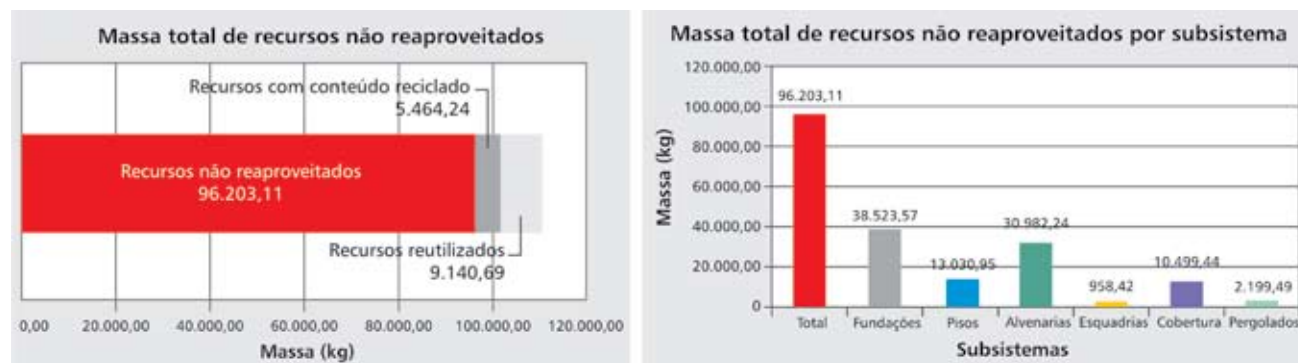


Figura 309 – Incorporação de recursos não reaproveitados

Ocorre, para o critério de **incorporação de recursos sem potencial de reaproveitamento** (Figura 310), que os subsistemas com desempenho inferiores são aqueles que apresentam maiores massas de recursos incorporados, embora esses também contenham grande massa de recursos com alto potencial de reaproveitamento. Subsistemas com grandes quantidades de concreto e de argamassas tendem a apresentar potenciais de reaproveitamento inferiores.

Verifica-se, através do critério de caracterização de **perdas**, que essas estão entre as médias constatadas em estudos da área. No entanto, para muitos materiais, as quantidades consumidas ultrapassaram as quantidades calculadas úteis, ou de referência, de-

vido à falta de planejamento e controle na compra de materiais, durante a execução da obra, o que resultou na aquisição de materiais excedentes, não utilizados.

No critério **consumo de madeira nativa não certificada**, o subsistema de cobertura apresentou desempenho negativo, contrastante em relação aos demais (Figura 312), devido ao consumo da madeira de cedrinho. Além disso, pode-se considerar que mesmo o uso de madeira não nativa de reflorestamento poderia ter sido reduzido. Embora parte das tábuas utilizadas para a confecção das formas das vigas de concreto da cobertura tenha sido reutilizada como caibros, as demais madeiras destinadas às formas para concretos não foram reaproveitadas, o que, se tivesse sido feito, reduziria o consumo delas à metade.



Figura 310 – Incorporação de recursos sem potencial de reaproveitamento



Figura 311 – Perdas de recursos



Figura 312 – Consumo de madeira nativa não certificada

8.4.4.4 Considerações gerais

Uma análise geral do processo e das dificuldades encontradas no desenvolvimento do trabalho permite, também, que sejam feitas certas considerações, não expressas diretamente nos resultados obtidos. Constatou-se - o que também já foi apontado em outros trabalhos desenvolvidos na área (OLIVEIRA, 2005; SILVA, 2003; SPERB, 2000) - uma carência de dados atuais e precisos relativos a materiais de construção no contexto nacional, o que traz imprecisões ou exige o dispêndio de consideráveis recursos financeiros e de tempo para a realização de avaliações de edificações como essas.

No entanto, verificou-se aqui que, para a realidade brasileira, a solução desse problema não está apenas relacionada à criação de banco de dados genéricos, representativos de setores como um todo. As indústrias brasileiras apresentam uma heterogeneidade de processos produtivos, que se reflete na geração de impactos ambientais muitos diferentes para a fabricação de produtos similares. Assim, a seleção de fornecedores se torna um aspecto crítico para o desempenho ambiental da edificação como um todo. Essa questão, que foi priorizada na etapa de projeto e construção do Protótipo Alvorada, acabou por ter seus benefícios diluídos nesta avaliação, devido à necessidade de utilização de dados não específicos. Igualmente crítica foi a obtenção de dados de referência para comparação dos resultados de desempenho do PCA. Verificou-se a indisponibilidade de estudos no Brasil relacionados à avaliação ambiental de habitações de interesse social como um todo. Os trabalhos encontrados se limitam à análise de sub-

sistemas isolados, e alguns avaliam apenas aspectos relacionados ao consumo de energia.

Apesar das limitações apontadas, os resultados obtidos permitiram identificar quais subsistemas apresentam pior desempenho ambiental e, por sua vez, quais os pontos ambientalmente críticos neles, determinantes para essa condição. Essas informações podem ser referenciais para o desenvolvimento de novas propostas para habitações mais sustentáveis de interesse social. Adicionalmente, fornecem dados para comparações com novas avaliações ambientais a serem desenvolvidas e permitem que comecem a ser estabelecidos valores de referência quanto ao desempenho de habitações desse gênero.

8.4.5 Avaliação de custos associados às soluções construtivas

8.4.5.1 Introdução

Este estudo, também resultado do trabalho de pesquisa de Kuhn (2006), realiza uma análise dos custos dos materiais empregados na construção do protótipo Casa Alvorada, comparando-os aos de outros sistemas construtivos regionalmente empregados para o atendimento da demanda por habitações de baixo custo. Como o protótipo foi concebido para ser construído pelos próprios usuários, e contou com a participação de vários alunos e professores em sua construção, não foram especificados os gastos referentes à mão-de-obra. A metodologia de pesquisa incluiu o levantamento de dados e identificação dos materiais constituintes da edificação; organização dos dados e cálculo das quantidades úteis de materiais para a construção de cada subsistema; quantifi-

cação das perdas, com base nas planilhas de obra e notas de compra; levantamento dos custos unitários de mercado para os materiais de construção empregados; e comparação de seu custo com o de sistemas construtivos tradicionais.



Figura 313 – Vista norte do protótipo Alvorada

O estudo não considerou os custos dos subsistemas de instalações elétricas e hidráulicas, pois, até a conclusão do trabalho de Kuhn, tais subsistemas ainda não haviam sido implementados.

8.4.5.2 Síntese dos procedimentos adotados

A metodologia da pesquisa incluiu o levantamento de dados e identificação dos materiais constituintes da edificação; organização dos dados e cálculo das quantidades úteis de materiais para a construção de cada subsistema; quantificação das perdas de materiais; levantamento dos custos unitários atualizados

para materiais; e quantificação dos custos totais. Os procedimentos adotados são sinteticamente descritos nos itens a seguir, em ordem cronológica.

Levantamento de dados e identificação dos materiais constituintes da edificação

O levantamento de dados da edificação foi a primeira atividade realizada e contemplou a identificação dos subsistemas e materiais que a compõem. A caracterização física foi realizada a partir de dados do projeto (tais como plantas baixas, cortes e elevações) e levantamento no local, o que permitiu identificar as alterações do edifício construído em relação ao projeto original. Já as informações referentes à etapa de construção foram obtidas através de entrevistas com os construtores, documentos, relatórios e planilhas de construção, tais como fotos e planilhas de controle de materiais adquiridos e de identificação de fornecedores.

Organização dos dados e cálculo das quantidades úteis de materiais

A partir da identificação da composição dos subsistemas, efetuou-se o cálculo das quantidades úteis, ou de referência, dos materiais incorporados. Para argamassas e concretos, de posse dos traços (em volume) utilizados, o cálculo dos diferentes insumos foi feito através de fórmula que permite calcular o consumo teórico de cimento, conforme Alves (1987). Para tijolos, telhas e placas cerâmicas, a massa útil consumida foi estimada por meio das fórmulas apresentadas em Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO 12, 2003), além de observações no local. Aditivos modificadores de argamassas e concretos, impermeabilizantes e produtos para tra-

tamento e proteção de materiais, em geral, tiveram seu consumo calculado a partir das indicações de uso apontadas pelos respectivos fabricantes. Os demais materiais, tais como madeiras, blocos de granito e aço, foram quantificados a partir das informações de projeto, fotos de execução e observações no local.

Quantificação das perdas

Às quantidades úteis, ou de referência, calculadas para os diferentes materiais, agregaram-se valores relativos a perdas. Esses valores foram obtidos através de comparações entre os quantitativos de referência calculados e o consumo real de materiais, registrado nas planilhas de controle de compras, durante a etapa de construção e notas de aquisição de materiais.

Atualização dos custos unitários para materiais individuais e quantificação dos custos totais

As notas e planilhas de compra de materiais, utilizadas para a quantificação do consumo, apresentam preços correspondentes ao período de construção do PCA, ou seja, a diversos períodos entre os anos de 2001 e 2002. A atualização desses valores, para este artigo, considerou custos unitários de materiais referentes a janeiro de 2006. Optou-se por atualizar os preços através de contato direto com os fornecedores. Desconsiderou-se a possibilidade de conversão pelo Custo Unitário Básico da Construção Civil (CUB), devido às imprecisões intrínsecas ao procedimento. Optou-se, também, por contatar os fornecedores específicos de cada material, já que alguns destes não são tradicionalmente encontrados no mercado, como, por exemplo, a madeira de eucalipto sem tratamento. Além disso, do ponto de vista do de-

sempenho ambiental, a seleção dos produtores é um aspecto crítico e foi priorizada na etapa de projeto e construção do protótipo Casa Alvorada. De posse dos custos unitários e das quantidades de materiais consumidos, foram quantificados, individualmente, os custos relacionados a cada subsistema.

8.4.5.3 Análise dos resultados

A Tabela 19 sintetiza os custos totais de materiais incorporados em cada um dos subsistemas e na edificação como um todo. Implicações econômicas das soluções construtivas e práticas adotadas são resumidamente analisadas no item seguinte, além de serem feitas comparações com custos de outras habitações do mesmo gênero, construídas no mesmo período. Posteriormente, considerações gerais são apresentadas no item 8.4.5.4.

Repercussões das soluções e práticas adotadas nos custos

Foram identificadas soluções construtivas e práticas adotadas durante a etapa de execução do protótipo, nas quais poderia ter sido evitado o consumo de recursos desnecessários. Falhas de planejamento e controle na aquisição de materiais, durante alguns períodos da execução da obra, foram alguns desses aspectos observados. Para muitos materiais, as quantidades adquiridas ultrapassaram significativamente as quantidades úteis calculadas, ou de referência, resultando na compra de materiais excedentes, não utilizados. São exemplos disso as peças em madeira de cedrinho, para o rodaforno, cuja compra excedeu em 30% a quantidade de referência calculada.

Tabela 19 – Custos de materiais incorporados no PA discriminados por subsistema

Subsistema	Custo dos materiais incorporados ¹ (R\$)	Custo das formas para concretos (R\$)	Custo total (R\$)	Custo total, por m ² de área construída (R\$/m ²)
Fundações	3.177,66	190,38	3.368,04	66,68
Piso	1.770,85	-	1.770,85	35,06
Alvenarias	3.054,74	-	3.054,74	60,48
Esquadrias	2.887,03	-	2.887,03	57,16
Cobertura	4.711,93	866,38	5.578,31	110,44
Pergolados	758,88	42,05	800,73	15,85
Total	16.360,90	1.098,81	17.459,71	345,67

¹ Incluindo-se perdas e excluídas as formas.

Ainda, quanto à possibilidades de economia de recursos, embora parte das tábuas utilizadas para confecção das formas das vigas de concreto da cobertura tenha sido reutilizada como caibros, as demais madeiras destinadas a formas não foram reaproveitadas, sendo, segundo as Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO 12, 2003), possível reaproveitá-las até quatro vezes. Considera-se que, embora esse número de reaproveitamentos apontado por TCPO 12 (2003) não pudesse ser realizado na construção de uma única habitação, o reaproveitamento das formas, uma vez, seria tecnicamente viável e contribuiria significativamente para a redução do custo total delas, já que este foi expressivo em relação ao todo (correspondendo a 6,29% do custo global do protótipo), como se pode observar na Tabela 19.

Em contrapartida, aponta-se como sendo positiva, do ponto de vista econômico, a prática de reaproveitamento de materiais, tanto provenientes da reutilização

de estruturas preexistentes no terreno como da incorporação de resíduos de processos de outros setores. No protótipo Casa Alvorada, constituem exemplos dessas práticas a incorporação de pedras de granito, residuais de uma edificação demolida e de substituição de pavimentos no *campus* Central da UFRGS, nas fundações, assim como de chapas de *off-set*, material residual de gráficas, para o isolamento térmico da cobertura. A economia obtida, ao todo, correspondeu a R\$ 656,38, desconsiderando-se os investimentos que seriam necessários para a substituição do *off-set* por outro material isolante, com o mesmo desempenho. Também há que considerar que a calça, resultante das perdas no processo de construção das alvenarias, foi empregada na construção do leito filtrante do sistema de tratamento de esgotos (leito de raízes), implantado para atender ao protótipo, em substituição à brita, usualmente utilizada. Esse procedimento possibilitou, além da minimização dos resíduos gerados, a economia de recursos

para construção do sistema. No entanto, o valor dessa economia não foi contabilizado, pois o referido sistema não foi incluído entre aqueles considerados como integrando o custo de construção do protótipo.

Quanto à participação de cada subsistema no consumo de recursos financeiros, pode ser observado na Tabela 19 que o subsistema de **cobertura** foi aquele que demandou maiores investimentos, representando 31,95% do custo total do protótipo. Entre os materiais com maior contribuição estão o forro de madeira, de cedrinho, e as formas para concretagem das vigas de concreto, com custos correspondentes a R\$ 1.283,10 e R\$ 866,38, respectivamente.

O segundo subsistema, em termos de custo, foi o de **fundações**, cujo custo foi próximo ao das alvenarias. A execução das fundações demandou um consumo de materiais e, conseqüentemente, de investimentos financeiros significativamente elevados, se comparados àqueles de outras habitações, de porte semelhante, implantadas em outras localidades. Isso, no entanto, pode ser explicado se considerarmos as características do solo local, de baixa capacidade de suporte. Como referência de custos correntes, pode-se citar aqueles orçados para modelos semelhantes ao PCA, construídos no Município de Nova Hartz, onde o solo apresentou características mais favoráveis. Os custos estimados para tais fundações corresponderam a R\$ 2.284,72, ou seja, apenas 67% do total de recursos despendidos para a execução das fundações do protótipo em estudo.

Quanto às **paredes**, 71,18% dos custos estão relacionados às alvenarias propriamente ditas, enquanto 28,82%, aos revestimentos delas. O material de custo mais significativo foi o tijolo cerâmico, responsável

por mais da metade dos investimentos financeiros consumidos para a construção desse subsistema.

Com relação ao subsistema de **pisos**, há que se considerar que a maior parte dos recursos econômicos despendido está associada às placas cerâmicas de revestimento. Ressalta-se que estas são de fabricação artesanal e, por isso, apresentaram custos bastante elevados, se comparados a outras, comumente encontradas no mercado. Assim, sua utilização só foi possível porque esse material foi doado pela indústria produtora. Optou-se, aqui, por considerar o custo de mercado das placas utilizadas, o que aumentou substancialmente o custo do subsistema como um todo.

Tabela 20 – Custos de materiais incorporados em cinco tipologias construídas na Vila Tecnológica de Curitiba

Sistemas construtivos	Custo total (R\$)	Custo total, por m ² de área construída (R\$/m ²)
Tipologia 1	13.539,89	336,39
Tipologia 2	11.931,33	320,48
Tipologia 3	15.335,05	265,68
Tipologia 4	9.245,51	230,39
Tipologia 5	25.244,98	473,99

Para que pudessem ser estabelecidos referenciais, foram levantadas informações sobre custos de materiais para construção de habitações de interesse social, construídas durante o mesmo período de construção do protótipo, ou seja, entre 2001 e 2002. No contexto nacional, Krüger e Dumke (2001) realizaram um estudo de cinco tipologias habitacionais implantadas na Vila Tecnológica de Curitiba. Os aspectos priorizados no estudo foram o conteúdo energético dos

materiais e o desempenho térmico das habitações, mas, adicionalmente, também foi feita uma avaliação de custos. Embora não seja possível se estabelecer uma comparação detalhada com os custos do protótipo, pois o estudo da Vila Tecnológica de Curitiba não apresenta valores discriminados para cada subsistema, podem ser feitas algumas constatações quanto aos custos despendidos para ambos. Observa-se, através da Tabela 20, que, à exceção da tipologia 5, todas as alternativas apresentam custos sensivelmente mais baixos que o do protótipo Casa Alvorada. As tipologias 1 e 2, embora apresentem custos por metro quadrado de área construída bastante semelhantes às do protótipo, contemplam, também, aqueles referentes às instalações hidráulicas e elétricas, o que significa que, considerando-se o todo, são alternativas de menor custo.

Especificamente em Porto Alegre, entre os anos

de 2001 e 2002, dois modelos padrão de habitações de interesse social eram implantados pelo Departamento Municipal de Habitação (DEMHAB)² da Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Os modelos apresentam materiais e técnicas construtivas comuns, porém se diferenciam significativamente em relação à área construída. Aquele de maior área, aqui denominado Modelo A, foi concebido com 40,40 m², para abrigar quatro moradores. Aquele denominado Modelo B apresenta área de 23,37 m² e possui apenas 1 dormitório, tendo sido projetado para ocupação por duas pessoas. Os custos totais, convertidos para o CUB de janeiro de 2006, incluindo mão-de-obra, movimentos de terra e todas as instalações necessárias, representaram, respectivamente, R\$ 24.650,63 e R\$ 19.643,08, e os custos apenas de materiais, discriminados por subsistema, estão apresentados na Tabela 21.

Tabela 21 – Custos de materiais, discriminados por subsistema, incorporados em habitações padrão construídas pelo DEMHAB, em Porto Alegre, entre os anos de 2001 e 2002

Subsistema	Modelo A Área: 40,40 m ²		Modelo B Área: 23,37 m ²	
	Custo total (R\$)	Por m ² de área construída (R\$/m ²)	Custo Total (R\$)	Por m ² de área construída (R\$/m ²)
Fundações	1.179,79	29,20	843,35	36,09
Piso	762,20	18,87	559,05	23,92
Alvenarias	3.619,40	89,59	3.647,28	156,07
Esquadrias	3.784,63	93,68	2.195,82	93,96
Cobertura	2.957,72	73,21	2.297,23	98,30
Total	12.303,74	304,55	9.542,73	408,33

²Informação oral obtida no dia 7 de fevereiro de 2006 de engenheiro civil do DEMHAB.

Verifica-se que o custo total do protótipo Alvorada é superior ao de ambas as alternativas apresentadas. No entanto, o custo atingido por metro quadrado de área construída, correspondente a R\$ 345,67, é intermediário àqueles obtidos pelos dois modelos do DEMHAB. Enquanto o modelo A apresenta um custo por metro quadrado de área construída 12% inferior ao do protótipo, o modelo B apresenta um custo 18% superior.

Os subsistemas de fundações e pisos do protótipo apresentaram custos bastante elevados, se comparados aos das habitações construídas pela Prefeitura de Porto Alegre. Pode-se dizer que essas discrepâncias estão relacionadas a dois fatores já apontados. Para as fundações, essas diferenças se devem às características do solo local, e para os pisos, às placas cerâmicas empregadas.

Uma análise comparativa individual, para os demais subsistemas, mostra que apenas as alvenarias e esquadrias das habitações do DEMHAB apresentaram custos mais elevados que aqueles do protótipo. Os custos dos materiais de assentamento das alvenarias resultaram equivalentes, fazendo com que a diferença constatada entre os subsistemas de alvenarias estivesse relacionada, principalmente, à aplicação de revestimentos. Enquanto todas as paredes do protótipo foram executadas em fiadas simples de tijolos maciços, as habitações do DEMHAB utilizaram blocos cerâmicos de 21 furos, com paredes externas duplas e internas, simples. Quanto às características de acabamento, as primeiras receberam revestimento apenas naquelas fachadas cujas condições de exposição eram mais severas, enquan-

to as segundas exigiram a aplicação de reboco e pintura em todas as superfícies.

Quanto às esquadrias, deduz-se que as diferenças de custos se devam ao material empregado, já que, inclusive, um número maior de aberturas foi empregado no protótipo Casa Alvorada. Tanto as portas como as janelas externas presentes nas habitações do DEMHAB são de aço e exigiram, complementarmente, a aplicação de pintura. As esquadrias do protótipo, em contraste, são de madeira de eucalipto, de diversas espécies, e receberam apenas um tratamento alternativo de proteção.

8.4.5.4 Considerações gerais

Os resultados obtidos permitiram identificar os recursos financeiros associados aos diversos subsistemas. Verificou-se que, em geral, as soluções adotadas **na etapa de projeto**, para aumentar o desempenho ambiental e de conforto da edificação, não representaram um aumento significativo nos custos, se comparadas às alternativas adotadas pelas demais habitações de interesse social analisadas. São exemplos dessas soluções a concepção de ambientes com pé-direito elevado e janelas altas, para proporcionar ventilação natural por “efeito chaminé”, que implicaram a construção de superfícies maiores de paredes, e a implementação de um número maior de esquadrias.

Em contraste à etapa de projeto, o que se constata é que, **na etapa de construção**, aspectos relacionados à economia de recursos, que têm implicações tanto ambientais como econômicas, receberam menor atenção. Dificuldades no planejamento de **reutilização** e no **controle na aquisição de materiais**, durante a execução da obra, foram aspectos

observados que tiveram representatividade no total dos custos quantificados.

Adicionalmente, a análise dos resultados apresenta as soluções e práticas adotadas que tiveram boas conseqüências e aquelas que poderiam ter sido aprimoradas. Essas informações podem servir de base para o desenvolvimento de novas propostas para habitações de interesse social, mais sustentáveis e com custos admissíveis. Concluiu-se, também, que os custos referentes aos materiais foram considerados elevados em relação a outras tipologias de habitação de interesse social com área semelhante. No entanto, salienta-se, também, que os valores apresentados são referentes a uma unidade prototípica e tendem a ser superiores àqueles de soluções consolidadas e de implantação em grande escala. Assim, também, há que se considerar que alguns materiais (de qualidade bem superior à de materiais usualmente empregados – como pisos e azulejos) foram doados por parceiros, mas foi considerado, no custo da construção, o seu valor de mercado. Outra ressalva é feita em relação às dimensões das fundações, que, devido às características do solo local, demandaram investimentos significativamente superiores aos correntes.

8.5 Esquadrias em madeira

8.5.1 Introdução

Fernandes (2004), em sua dissertação de mestrado, realizou uma análise detalhada das esquadrias do protótipo e propõe uma reformulação de seu projeto. O autor estrutura a sua análise dentro de um contexto de estudos relativos à caracterização e otimização das esquadrias em madeira de reflorestamento,

que foram utilizadas nessa proposta de habitação popular. Em sua contextualização, Fernandes considera: o **meio ambiente**, com suas variáveis climáticas e locais; a **constituição física e tecnológica** de materiais, sistemas e componentes da esquadria; o perfil de **desempenho técnico, funcional e utilitário**, propiciado pela esquadria; e os **processos técnicos de projeto**, produção e instalação. Como instrumentos metodológicos aplicados em seu estudo, fez uso de entrevistas, levantamentos dimensionais, representações gráficas e observações para análise de processos de projeto, produção e instalação.

8.5.2 Mapa contextual de variáveis

A esquadria residencial pode ser considerada como o componente da edificação que apresenta o maior número de funções. Além do aspecto funcional, as portas e as janelas adaptam-se a soluções técnicas compatíveis com cada edificação, atendendo às exigências ambientais, climáticas, da legislação e das próprias limitações da matéria-prima. Essas e outras variáveis intervêm no desenvolvimento de um projeto otimizado de esquadrias, que visa qualificar tecnicamente esses componentes, isto é, apresentar um perfil de desempenho que garanta a satisfação humana no ambiente construído, com um custo adequado.

Para a sistematização do processo de projeto das esquadrias, Fernandes (2004) elaborou um esquema demonstrativo que recebeu a denominação de **mapa contextual de variáveis**, que intervêm no projeto das esquadrias residenciais em madeira, conforme a Figura 314. Nesse mapa, constam diversas variáveis, organizadas em quatro grupos distin-

tos, enfatizando: o ambiente onde serão instaladas as esquadrias; os elementos físicos que compõem cada esquadria; os aspectos funcionais e comportamentais; e as questões técnicas dos processos de desenvolvimento de qualquer produto para a construção civil. A variável econômica faz parte de diversas variáveis. Pode estar presente nos componentes da esquadria, nas suas dimensões, no processo de produção, que envolve o manejo florestal, corte e desdobro, nas demais variáveis desse processo e no processo de instalação, etc. Por isso, optou-se por não colocar um conteúdo de ordem econômica isolado. Os projetos de esquadrias mais otimizados, provavelmente, serão aqueles que visam atender à compatibilização e exigências de um maior número de variáveis, porém com soluções mais econômicas, considerando todos os processos envolvidos.

A principal função desse mapa é relacionar as variáveis de forma organizada, para facilitar a busca de conhecimento das potencialidades e limitações de cada variável, com seu respectivo valor dentro de um contexto, e, assim, justificar as decisões adotadas no projeto. Entre outras funções, o mapa contextual poderá auxiliar:

- a) na sistematização para análise de esquadrias, em avaliações pós-ocupação;
- b) no desenvolvimento de projetos de esquadrias residenciais, incluindo representação gráfica, memoriais descritivos e especificações técnicas;
- c) na visualização das principais variáveis que intervêm na escolha de determinada tipologia funcional; e

d) como suporte para reformulação de legislação (código de edificações) e normas técnicas.

Para a utilização desse mapa contextual em projetos de esquadrias confeccionadas com outras matérias-primas (aço, alumínio e PVC), seria necessário adequar os itens dos quatro conteúdos, pois esses materiais apresentam sistemas diferenciados de instalação, emendas, drenagem, pintura de proteção, maquinaria, etc. Essas matérias-primas industrializadas apresentam menor quantidade de perfis diferenciados, e as dimensões das esquadrias são resultantes de menores perdas de matéria-prima, pois os perfis apresentam comprimentos padrão (geralmente com 3 m ou 6 m).

A contextualização das esquadrias residenciais em madeira foi organizada de forma a abranger, basicamente, quatro grandes aspectos, descritos como **conteúdos de ordem ambiental, física, comportamental e utilitária e técnica**.

Conteúdo de ordem ambiental

Neste aspecto é enfocada a região onde está situada a edificação, caracterizando o ambiente externo e a edificação e suas dependências, e o ambiente interno. As principais **variáveis ambientais externas**, que intervêm nas esquadrias, são o meio ambiente, com suas características climáticas e agentes agressivos. As **principais variáveis ambientais internas** estão relacionadas com o tipo de dependência onde será instalada a esquadria, as suas influências espaciais de ocupação e os agentes agressivos gerados internamente. A importância do conhecimento das variáveis ambientais pode auxiliar na definição dos materiais

necessários a serem empregados, com suas respectivas proteções. Verifica-se, por meio do Quadro 53, que ocorrem interações entre as variáveis do conteúdo de ordem ambiental e o projeto das esquadrias.

Conteúdo de ordem física

As principais variáveis físicas que intervêm nas esquadrias em madeira são as características da matéria-prima, com sistemas construtivos e acabamento superficial, acessórios, ferragens e complementos, tais como vidro, venezianas, grades, etc. A importân-

cia do conhecimento das variáveis sobre os materiais e componentes pode resultar na melhor adequação da esquadria ao perfil de desempenho e redução de custo para produção, e conseqüente preço final do produto. Verifica-se, através do Quadro 54, que ocorrem interações entre as variáveis do conteúdo de ordem física e o projeto das esquadrias.

Conteúdo de ordem comportamental e utilitária

As principais variáveis de desempenho técnico e funcional que intervêm nas esquadrias são a dura-

Conteúdo de ordem ambiental x projeto das esquadrias	
Variáveis (conhecer)	Principais interações com o projeto das esquadrias (para)
Meio ambiente (urbano, marítimo, rural, industrial, etc.)	Escolha dos materiais e acabamentos das ferragens Escolha do acabamento superficial (pintura) Escolha da funcionalidade relacionada à manutenção
Clima (ventos, umidade, radiação solar, etc.)	Escolha dos acessórios de vedação (borrachas, escovas, selantes) Escolha do acabamento superficial (pintura) Escolha dos complementos e tipo de vidro
Agentes agressivos internos (condensação, gordura, etc.)	Relacionado com o sistema de drenagem Escolha dos materiais de acabamento Orientação para o desenho da esquadria
Destino do compartimento (sala, dormitório, cozinha, banheiro, etc.)	Escolha da funcionalidade mais adequada Escolha dos complementos (veneziana, grade, persiana, tela mosquiteiro) Escolha do tipo de vidro Dimensionamento das esquadrias relacionado com a iluminação e ventilação, para atender à legislação
Ocupação de espaço ao funcionar	Adequação aos equipamentos e mobiliário Verificação da possibilidade de gerar acidente com os usuários Verificação de interação com os complementos

Quadro 53 – Relação entre as variáveis do conteúdo de ordem ambiental com o projeto de esquadrias

bilidade, a resistência estrutural, as características de iluminação, ventilação, isolamento térmico, acústico e acessibilidade gerada pela funcionalidade, a estanqueidade ao ar e à água, e as exigências econômicas e de interesse ecológico. A importância do conhecimento dessas variáveis que intervêm no perfil de desempe-

no das esquadrias pode resultar num maior conforto dos usuários, gerado pelas funções básicas de ventilação, iluminação e proteção do ambiente construído. Verifica-se, através do Quadro 55, que ocorrem interações entre as variáveis do conteúdo de ordem comportamental e utilitária e o projeto das esquadrias.

Conteúdo de ordem física x projeto das esquadrias	
Variáveis (conhecer)	Principais interações com o projeto das esquadrias (para)
Matéria-prima (madeira)	Especificação da espécie de madeira mais adequada à função (marco, folha, alizar) Determinação do custo final
Detalhes construtivos (sistemas de emendas, drenagem e vedação)	Especificação da funcionalidade Aumento da eficiência da esquadria, reduzindo infiltrações de ar e água Orientação para o desenho da esquadria Determinação do custo final
Acessórios e ferragens	Posicionamento adequado dos comandos atendendo à acessibilidade Facilitar a movimentação e manutenção Determinação do custo final
Complementos (veneziana, persiana, grade, tela mosquiteiro)	Qualificar e proteger o ambiente interno Adequação ao compartimento e interação com a funcionalidade Determinação do custo final
Vídeos	Dimensionar a espessura dos perfis Habitabilidade interna Determinação da área de iluminação natural (exigências da legislação) com redução de gasto com energia elétrica Determinação do custo final
Pintura (acabamento superficial)	Proteção e aumento na durabilidade da matéria-prima Reduzir períodos de manutenção Determinação do custo final

Quadro 54 – Relação entre as variáveis do conteúdo de ordem física e o projeto de esquadrias

Conteúdo de ordem comportamental e utilitária x projeto das esquadrias	
Variáveis (conhecer)	Principais interações com o projeto das esquadrias (para)
Resistência (durabilidade, estrutural, ao fogo)	Atender às exigências ambientais, climáticas e da legislação Dimensionar os perfis
Técnico-funcional e habitabilidade (funcionalidade, iluminação, ventilação, isolamento térmico e acústico)	Propiciar habitabilidade e conforto interno Gerar economia ao usuário Atender a exigências da legislação
Estanqueidade (à água, ao ar, a insetos)	Propiciar conforto e proteção do ambiente interno Adotar sistemas de vedação e drenagem Especificar acessórios
Acessibilidade e ergonomia	Propiciar conforto e segurança Optar por determinada funcionalidade Definir posição dos comandos funcionais Atender a exigências da legislação e normas técnicas
Estético	Escolher o acabamento superficial Adequação ao conjunto arquitetônico
Econômico para manutenção	Posicionamento da esquadria na parede Escolha da funcionalidade Verificar custo no médio prazo
Interesse ecológico	Definir os processos de tratamento da matéria-prima menos agressivos Definir os processos de produção com menores desperdícios de energia elétrica Atender tecnologia menos complexa para utilizar mão-de-obra local

Quadro 55 – Relação entre as variáveis do conteúdo de ordem comportamental e utilitária e o projeto de esquadrias

Conteúdo de ordem técnica

As principais variáveis técnicas que intervêm nas esquadrias são a legislação vigente, o processo de elaboração do projeto das esquadrias, o processo de produção e os procedimentos e técnicas de instalação. A importância do conhecimento das variáveis

técnicas pode resultar em atendimento às exigências da legislação, que exige dimensões e condições mínimas, e, conseqüentemente, ao conforto dos usuários. Verifica-se, através do Quadro 56, que ocorrem interações entre as variáveis do conteúdo de ordem técnica e o projeto das esquadrias.

Conteúdo de ordem técnica x projeto das esquadrias	
Variáveis (conhecer)	Principais interações com o projeto das esquadrias (para)
Legislação (normas técnicas, códigos de edificação)	Definir dimensões mínimas das esquadrias Adequar os comandos e funcionalidade à acessibilidade
Processo de projeto (representação gráfica, memorial descritivo)	Facilitar a representação gráfica ideal Dimensionar adequadamente a esquadria Definir diretrizes do produto (simplicidade, padronização, modularização, etc.) Facilitar instalação Determinação do custo final
Processo de fabricação	Evitar projetos inviáveis Determinação do custo final
Processo de instalação	Definir o sistema mais seguro e econômico Adequação às técnicas construtivas e de gerência da obra Determinação do custo final

Quadro 56 – Relação entre as variáveis do conteúdo de ordem técnica e o projeto de esquadrias

O processo de fabricação de esquadrias em madeira será abordado a partir da madeira cortada em pranchas e depositada nas fábricas, apesar de esse processo ser influenciado pelo plantio da matéria-prima, manejo de florestas, corte nas serrarias, transporte, etc.

8.5.3 Mapa contextual aplicado ao protótipo

Descrição da concepção arquitetônica

A edificação (Figura 315) foi concebida com o formato, em planta baixa, praticamente de um quadrado. Está subdividida internamente em quatro dependências, sendo uma sala com cozinha conjugada, dois dormitórios e um banheiro. No perímetro da edificação existem duas reentrâncias, sendo uma coberta, destinada à área de serviço, e outra parcialmente coberta com pérgolas, junto à entrada principal da

habitação. Constata-se a opção pelo emprego predominante da face rústica dos tijolos para as fachadas e, conseqüentemente, da face lisa para o interior da edificação. Internamente, o forro inclinado acompanha o caimento do telhado, aumentando o volume de ar interno das dependências.

Os vãos destinados à instalação das janelas foram confeccionados através de moldura em tijolo aparente, perpendicular às paredes. Verifica-se a presença de uma janela e de uma porta orientadas para leste, quatro janelas voltadas para o norte e duas janelas e uma porta para o oeste. A fachada sul não possui esquadrias ou vãos; entretanto, no beiral, constata-se a presença de aberturas para ventilação do telhado. Na fachada oeste, destacam-se três faixas verticais rebocadas, com função de refletir a radiação solar.



Figura 315 – Vista noroeste do protótipo de habitação mais sustentável

As esquadrias do protótipo

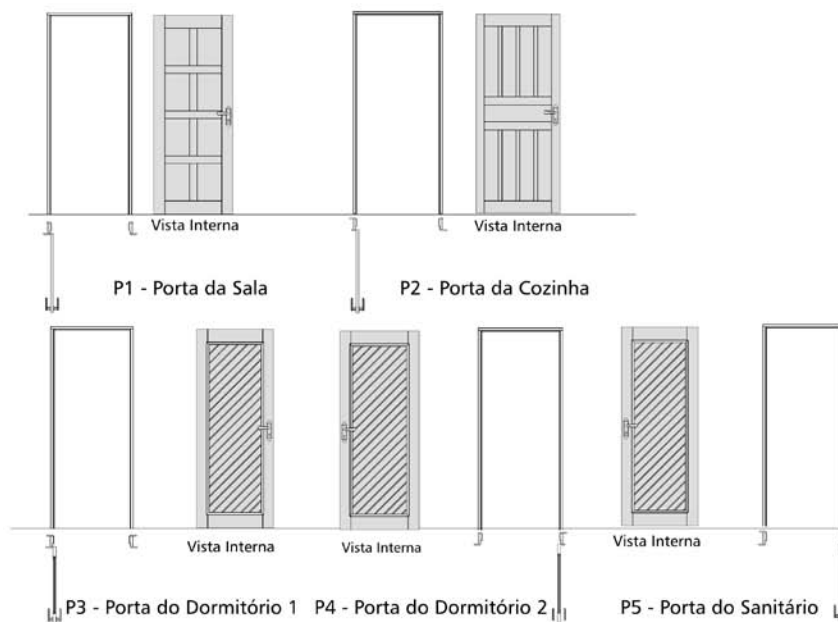
As esquadrias do protótipo, em madeira de eucalipto, atenderam aos padrões da fábrica, porém com dimensões e alguns detalhes específicos. Foram empregadas cinco portas, conforme a Figura 316, sendo duas (P1 e P2) consideradas portas maciças, subdivididas em travessas centrais, pinázios e almo-fadas, porém com desenhos diferenciados, e três (P3, P4 e P5) com couceiras e travessa superior e inferior, em madeira maciça, e parte central preenchida com lambris, colocados em diagonal. Foram empregadas nessa habitação sete janelas, conforme a Figura 317, sendo concebidas com folhas envidraçadas subdivididas com pinázios, especificadas como caixilho quadrado pelo fabricante.

Para sistematizar a análise das esquadrias do protótipo descrito neste capítulo, é obedecida a sequência de conteúdos ambiental, físico, comportamental e técnico.

De acordo com o mapa contextual de variáveis (Figura 314), as principais variáveis ambientais que intervêm nas esquadrias estão descritas no Quadro 57.

Em função de o protótipo estar localizado em **ambiente mais acentuadamente rural do que urbano**, as esquadrias do protótipo atendem satisfatoriamente às condições do meio ambiente rural. Porém, se esse protótipo for construído em ambiente urbano ou industrial, será necessário rever os tipos de acabamento superficial das esquadrias e das ferragens, especificando, por exemplo, quatro demãos de pintura da esquadria ou a camada de 21 a 25 micras, para anodização dos componentes em alumínio. Mas caso o protótipo seja construído em ambiente marítimo, a matéria-prima das ferragens das esquadrias deverá ser alterada para latão, aço inoxidável ou alumínio, com pintura eletrostática.

Em função da **orientação solar** do protótipo, com fachadas perpendiculares às orientações norte, sul, leste e oeste, constata-se que todas as esquadrias externas recebem radiação solar direta. A sala, com cozinha integrada, possui três janelas e uma porta em paredes adjacentes, o que possibilita ventilação cruzada, radiação solar que favorece o aquecimento da dependência no inverno e intensidade de iluminação natural, praticamente constante durante todo o dia.



PERFIS EM MADEIRA UTILIZADOS NAS PORTAS

PARTE	TIPO / DESCR.	DESENHO	ÁREA (cm ²)	PERÍMETRO (cm)
MARCO	P1, P2, P3 e P4 A / Superior e Laterais		31,70	28,4
	P5 B / Superior e Laterais		36,50	31,4
FOLHA P3, P4 e P5	C / Superior		47,65	35,2
	D / Lambris central		11,93	21,5
	E / Arremate		2,50	7,0
	F / Inferior		44,20	36,2
	G / Laterais		33,35	29,2
	H / Superior e Inferior		41,85	33,2
FOLHA P1	I / Laterais		35,65	29,2
	J / Almofada		61,89	56,5
	K / Travessa		24,80	22,2
	L / Laterais		26,35	23,2
FOLHA P2	M / Travessa		12,40	14,2
	N / Almofada		24,59	32,7
	O / Almofada central		29,90	38,6
	P / Superior e Inferior		38,75	31,2
ALIZAR	Q / Superior (int+ext.) Laterais (int + ext.) Inferior (interno)		7,09	13,9
	R / Laterais cortados		4,74	10,1

Figura 316 – Portas do protótipo

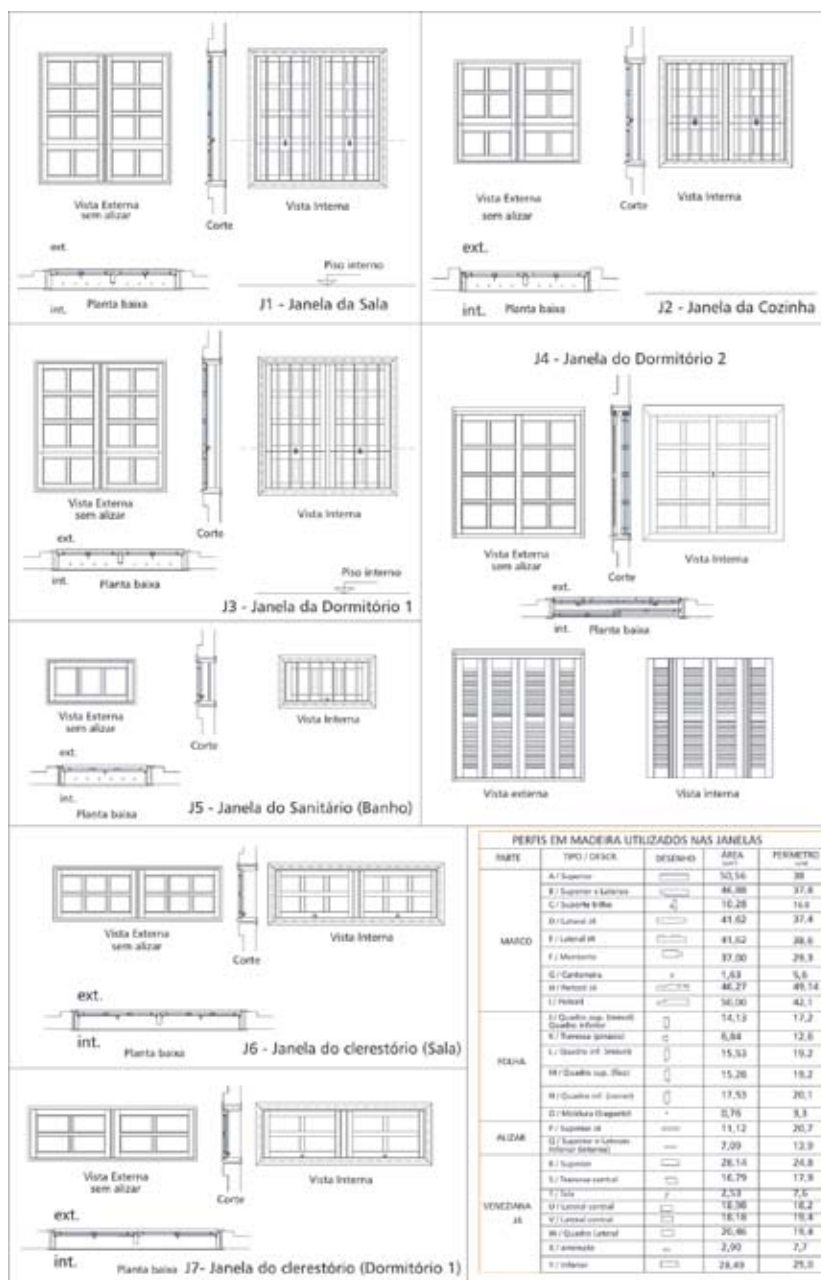


Figura 317 – Janelas do protótipo

Conteúdo de ordem	Variáveis ambientais	Descrição
Ambiental	Meio ambiente	Urbano / urbano-industrial / urbano-marítimo
		Rural / rural-industrial / rural-marítimo
	Clima	Orientação solar
		Radiação solar
		Topografia
		Ventos dominantes
		Umidade relativa do ar
		Variação de temperatura
		Incidência de chuva
	Agentes agressivos	Poluição do ar / poluição sonora
		Condensação / umidade
		Gordura
	Destinação do compartimento	Sala
		Cozinha
		Dormitório
		Banheiro
		Área de serviço
Ocupação espacial ao funcionar	Interna / externa / embutida no vão / junto à parede	

Quadro 57 – Variáveis ambientais que influenciam na escolha de uma esquadria



Figura 318 – Janela J4, à esquerda (orientação leste) e janelas J1, J3, J6 e J7 (orientação norte)

No protótipo, as janelas J4, J6 e J7 são as que recebem **radiação solar** em praticamente toda a superfície externa, visto que o término dos beirais está localizado muito acima das vergas. No verão, as janelas J1 e J3, com orientação norte, recebem menos radiação solar que no inverno, em função da menor inclinação do sol com relação ao plano vertical das esquadrias.



Figura 319 – Janela J2 (cozinha), acima, e janela J5 (banheiro), abaixo, ambas de orientação oeste

Por outro lado, as portas P1 e P2 e a janela J5 apresentam-se parcialmente protegidas da radiação solar, em função da existência dos beirais e pérgolas.

A janela do protótipo, de orientação leste (J4), favorece a **ventilação** através dos ventos dominantes de verão. As janelas de orientação norte (J1, J3, J6 e J7) auxiliam na ventilação predominantemente nordeste, no mês de agosto. Entretanto, as janelas J6 e J7, dos clerestórios, favorecem a retirada do ar quente do interior da edificação. No dormitório 1, para melhor atender às variáveis de radiação solar e ventos dominantes, a janela J3 poderia ter sua localização alterada para a fachada leste e manter a mesma posição da janela do clerestório J7. As janelas J2 e J5, voltadas para oeste, podem ser afetadas, no inverno, pelo vento Minuano. Essas duas janelas poderiam apresentar acessórios que garantissem maior estanqueidade ao ar, adotando gaxetas de borracha, escovas de vedação e silicone, para o envidraçamento.

Porto Alegre, em função de enormes massas de água na região, apresenta umidade relativa média anual de 75,9%, ocorrendo as médias mensais mais elevadas durante o inverno, e as mais baixas durante o verão (SATTLER, 1989). A **umidade relativa** do ar faz com que a madeira altere suas propriedades mecânicas (ZENID, 2002), propiciando, em alguns casos, o travamento das esquadrias. Portanto, as juntas ou folgas necessárias entre as folhas e marcos das esquadrias deverá variar entre 3 mm³ e 4 mm⁴. Caso a

³ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003 com profissional de cognome Clarineta.

⁴ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003 com profissional de cognome Clarineta.

produção das esquadrias ocorra em período úmido, no outono ou inverno, deixam-se menos folgas, e se a produção ocorrer em período seco, na primavera ou verão, deixam-se mais folgas⁵.

O conhecimento da variação de **temperatura** local se faz necessário para dimensionar e localizar as esquadrias, propor elementos de proteção, tais como beirais e varandas, e especificar os acessórios e vidros mais adequados. Quando a temperatura se mantém alta durante o ano todo, como é o caso de muitas regiões do Nordeste brasileiro, provavelmente o projeto arquitetônico de uma edificação buscará soluções de proteção e sombreamento das esquadrias, que poderão ter funcionalidades que propiciem maiores áreas de ventilação e, em alguns casos, permanentes.

Para as janelas J1, J2, J3, J5, J6 e J7 do protótipo, a **incidência de chuva** com pouco vento não prejudica a funcionalidade do tipo maxim-ar, podendo ser mantidas parcialmente abertas. Para a janela J4 permanecer aberta em período de chuva, é necessário fechar uma parte das folhas com veneziana e deslocar as folhas envidraçadas para o lado oposto, a fim de propiciar parcialmente ventilação e iluminação natural. A moldura ao redor dos vãos das janelas e a presença de beirais na edificação auxiliam na redução da incidência de chuva e escoamento das águas pluviais.

8.5.4 Agentes agressivos

O ser humano, quando intervém no meio externo ou interno das edificações, pode criar diversos agentes agressivos às esquadrias, gerando patologias nesses componentes e desconforto aos usuários.

O protótipo está situado a, aproximadamente, 500 m de distância de uma rodovia de tráfego intenso, constatando-se barreiras como árvores, vegetação rasteira e muro entre a edificação e rodovia. Por esse motivo e em função da inexistência de indústrias nas proximidades dessa habitação, pode-se caracterizar o ambiente como de baixa agressividade para a **poluição do ar** e branda para a **poluição sonora**.

As janelas do protótipo não apresentam dispositivos para captação da **água de condensação**. Entretanto, segundo Pol (1996), pela inexistência de acessórios que garantam uma vedação hermética, essas esquadrias permitem a troca de ar com o exterior, o que pode minimizar os problemas de condensação, mofo e microorganismos, nocivos à saúde humana. Nas portas internas do protótipo, os lambris inclinados favorecem o escoamento e o acúmulo da água de condensação junto à couceira, podendo, nesses pontos, ocorrer efeitos patogênicos, principalmente no tardós da porta P5, do banheiro.

A **gordura**, produzida devido a frituras ou pelo próprio usuário, pode afetar o acabamento dos componentes e das superfícies das esquadrias. O contato

⁵ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002 com profissional de cognome Harpa .

da mão do usuário com as fechaduras, fechos e vidros gera pontos de aderência de partículas de sujeira e pó. Esse tipo de agente agressivo exige procedimentos de higiene e limpeza doméstica, porém, antes de se efetuar uma pintura de manutenção, torna-se obrigatória a sua remoção, conforme recomendações e especificações dos fabricantes de tintas.

8.5.5 Tipo de edificação: habitação de interesse social

O protótipo de habitação sustentável deste estudo de caso foi idealizado para ser uma habitação de interesse social, com a finalidade de resgatar o valor humano, qualificando o ambiente construído, e adotar esquadrias e demais componentes com princípios e diretrizes relacionados à sustentabilidade.

Para a satisfação das exigências médias dos usuários de uma habitação de interesse social, a **área útil por habitante** deve estar compreendida no intervalo entre 11 m² e 14 m². Entre 8 m² e 11 m²/habitante, pode ser considerada uma situação crítica, porém abaixo de 8 m²/habitante gera-se um contexto potencialmente patogênico (SILVA, 1982). O protótipo do estudo de caso possui área útil total igual a 38,08 m². Para quatro moradores, a área útil por habitante será igual a 9,52 m², caracterizando-se uma situação crítica, mas não patogênica.

As esquadrias do protótipo podem ser consideradas adequadas às funções das **dependências**, exceto a janela J3 (Figura 316), que não possui veneziana ou persiana externa, conforme exige a legislação municipal (PORTO ALEGRE, 1999). A área do sanitário, maior do que as de outras habitações se-



Figura 320 – Vista desde o interior, das janelas J3 (dormitório norte), acima, e J5 (banheiro)

melhantes, atende satisfatoriamente às exigências da norma técnica sobre acessibilidade, porém a janela J5 apresenta deficiências de operacionalidade. Como alternativa de aprimoramento, as dimensões do dormitório 2, destinado ao casal, poderiam ser alteradas para 3,20 m x 3,20 m. Esse formato favorece a disposição dos móveis, sem prejudicar o acesso à janela.

8.5.6 Ocupação de espaço ao funcionar

As folhas das janelas do protótipo não ocupam área interna, o que pode ser considerado uma vantagem, pela reduzida área das dependências, porém as folhas da janela J3, conforme a Figura 321, ocupam parcialmente a área semicoberta, podendo gerar acidentes aos usuários.



Figura 321 – Vista externa da janela J3, com as folhas abertas

8.5.7 Análise das variáveis físicas das esquadrias

Atualmente, no Brasil, o setor de esquadrias dispõe de quatro matérias-primas, sendo duas tradicionais, como a madeira e o aço, e duas recentes, como o alumínio e o PVC (RUMO, 1990). Independentemente da matéria-prima dos perfis, a facilidade de movimentação das esquadrias, com redução de ruídos, e a estanqueidade estão diretamente relacionadas às técnicas de instalação e à qualidade dos

acessórios, ferragens e materiais de vedação, como escovas, com felpas de polipropileno, selantes e gaxetas de borracha. As principais características dos materiais e sistemas, que constituem as esquadrias residenciais, estão descritas no Quadro 58.

Madeira: matéria-prima da estrutura das esquadrias

A madeira é um recurso natural que proporcionou ao homem, desde os primórdios, combustível, ferramentas, alimentos e proteção (JOHNSON, 1994). Como material de construção, é um dos poucos materiais renováveis, cujo processamento exige baixo consumo de energia. Apresenta resistência e rigidez em relação ao peso e facilidade de modelagem, pois exige ferramentas simples (MADEIRA, 2001). A madeira pode ser considerada a primeira matéria-prima utilizada na fabricação de esquadrias (ABCI, 1991).

De acordo com o IPT (1989), entre 200 madeiras nativas brasileiras, 70 são apropriadas para a confecção de esquadrias, sendo estas descritas na dissertação de Fernandes (2004). Entretanto, o reflorestamento é uma alternativa viável, no médio prazo, pois poderá gerar diversas vantagens, tais como: menor custo; aproveitamento racional da floresta; plano de corte mais adequado, por ter um maior volume de madeira em menor área de campo; racionalização do corte na serraria, com menores perdas, pois se pode partir de um padrão de árvore adequado à necessidade; e diminuição do fluxo de transporte⁶.

⁶ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002 com profissional de cognome Harpa.

Conteúdo de ordem	Variáveis físicas	Descrição	
Física (materiais, componentes e sistemas)	Material dos perfis	Madeira do contramarco	
		Madeira do marco / peitoril / soleira	
		Madeira da folha	
		Madeira do alizar	
	Detalhes construtivos	Sistema de emendas	Espiga / cavilha
			Cola / prego / tarugo de madeira
		Sistema de drenagem	Canaleta / furo de dreno
			Perfil de PVC
		Sistema de vedação de juntas	Encaixe entre perfis
			Gaxeta de borracha
			Escova de polipropileno
			Selantes: silicone / massa de calafetar
	Acessórios Ferragens	Comando funcional	
		Articulações	
	Complementos	Vidro	Simples / múltiplo (duplo; triplo)
			Transparente / translúcido
			Envidraçamento (massa de vidraceiro; silicone)
Proteção		Veneziana / persiana / tampão	
		Grade	
		Tela mosquiteiro	
		Impregnação / película	
Pintura de acabamento	Transparente / colorido		

Quadro 58 - Variáveis físicas dos materiais e sistemas construtivos que influenciam na escolha de uma esquadria

O eucalipto possui diversas restrições de uso em esquadrias, tais como a aceitação do mercado e a adequação das ferramentas, pois a maioria das espécies de eucalipto é classificada como madeira pesada, o que pode gerar problemas na trabalhabili-

dade. Entretanto, na confecção de qualquer parte das esquadrias, podem ser empregadas madeiras de espécies diferentes, desde que tenham características semelhantes de densidade⁷.

⁷ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002 com profissional de cognome Piano.

As esquadrias do protótipo foram produzidas em eucalipto. Porém, constata-se o emprego de diversas espécies de eucalipto, em função da coloração, desenhos variados nos perfis e informação do próprio fabricante⁸, salientando que a própria fábrica adquire a matéria-prima de pequenos reflorestadores, fazendo o corte, o transporte e o desdobro em pranchas. Segundo o mesmo autor, a fábrica utiliza, aproximadamente, 20 espécies de eucalipto para a produção de esquadrias.

A seção do tronco de uma árvore permite distinguir, da casca para o miolo, as seguintes partes: casca (subdividida em ritidoma, cortiça e floema ou líber), câmbio, lenho (subdividido em alburno e cerne) e medula (URIARTT, 1999), sendo cada parte dotada de funções diversificadas.

Todos os perfis das esquadrias do protótipo foram confeccionados utilizando-se o cerne da madeira⁹, porém, como foram empregadas várias espécies de eucalipto, torna-se difícil a identificação da presença de alburno nesses perfis.

Os principais componentes químicos da madeira são a celulose (60% do volume) e a lignina (25% do volume). Os 15% restantes correspondem aos óle-

os, resinas, açúcares, amido, tanino, substâncias nitrogenadas, sais inorgânicos e ácidos orgânicos.

O eucalipto, utilizado como matéria-prima para a confecção das esquadrias do protótipo, apresenta uma elevada concentração de resinas e óleos, que podem prejudicar o lixamento das peças. Porém, após a secagem adequada, a madeira apresenta melhor desempenho para esse procedimento.

De acordo com o IPT (1989), a escolha e a identificação da espécie de madeira a ser utilizada devem visar a sua adequação ao uso e agressividade do meio onde será instalada. Para o emprego de madeira destinada a Porto Alegre, o teor de umidade de equilíbrio da madeira deveria ser de, aproximadamente, 14,8%. Conforme estimativa do fabricante das esquadrias do protótipo¹⁰, a umidade do eucalipto utilizado nas esquadrias variou entre 11% e 15%, pelo tempo de armazenagem das pranchas.

Os processos de endurecimento das madeiras, através da utilização do CCA, são muito caros e podem trazer problemas ambientais¹¹. Por exigência do contratante dos serviços, para as esquadrias do protótipo não foram aplicados preservativos e produtos químicos na madeira¹². Porém, o tratamento

⁸ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003 com profissional de cognome Clarineta.

⁹ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003 com profissional de cognome Clarineta.

¹⁰ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003 com profissional de cognome Clarineta.

¹¹ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002 com profissional de cognome Harpa.

¹² Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003 com profissional de cognome Clarineta.

superficial das esquadrias, com produtos de menores impactos ambientais, ocorreu após a instalação, ocasionando ausência de proteção em diversas faces não aparentes.

Para aprimorar o projeto de esquadrias em madeira, pode-se especificar, além da espécie de madeira adequada à função (contramarco, marco, folha, alizar e veneziana), a espessura mínima de cada componente. Para as esquadrias do protótipo, as espessuras dos componentes foram definidas pela padronização da fábrica, sendo: 3,2 cm nos marcos; 2,7 cm a 3,2 cm nas folhas; 1,0 cm a 1,8 cm nos alizares; e 0,8 cm nas palhetas de veneziana¹³. Os alizares fixados externamente nas ombreiras e verga do marco das portas P1 e P2 e das janelas do protótipo foram utilizados como arremate, ocultando a espuma de poliuretano empregada na fixação das esquadrias.

O volume de madeira a ser utilizado em cada esquadria depende das características especificadas no projeto e do processo de produção. Segundo os fabricantes de esquadrias¹⁴, o volume de resíduos e a perda de material representam, aproximadamente, 40%, para confecção de produtos desde que não necessitem uma seleção de perfis pela coloração e desenho, e 50%, para produtos classificados como produtos de primeira linha.

Para as esquadrias do protótipo, o volume, em toras de madeira, necessário para a fabricação das sete janelas e cinco portas foi estimado em 1,81 m³ (10% da área total das esquadrias, de 18,10 m²)¹⁵. Porém, ao efetuar a quantificação do volume, conforme os Quadros 59 e 60, constatou-se um volume total de madeira de, aproximadamente, 0,6 m³. Estima-se, portanto, que o volume total de pranchas em madeira bruta necessário para a produção das cinco portas e sete janelas do protótipo seja de 1,00 m³.

Considerando que, para a produção das 12 esquadrias do protótipo, foi gasto, aproximadamente, 1 m³ de madeira em pranchas, pode-se concluir que é necessário cortar uma árvore de eucalipto, com rendimento equivalente a 1,5 m³/20 anos¹⁶, para suprir a produção das esquadrias desse protótipo.

Conforme o Quadro 59, embora as janelas J1 e J4 apresentem áreas semelhantes, constata-se que a janela J4 (duas folhas envidraçadas de correr com veneziana) apresenta um volume de madeira (0,0729 m³) 50,6% maior do que a janela J1 (0,0484 m³). Para a janela J1, 55,8% da madeira empregada está destinada ao marco; 31,8%, às folhas; e 12,4%, aos alizares. Para a janela J4, 30,3% da madeira foi destinada ao marco; 59,5%, às folhas; e 10,2%, aos alizares. O volume de madeira dos quadros com venezianas corresponde a 63,6% de madeira das folhas e, com relação

¹³ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003 com profissional de cognome Clarineta.

¹⁴ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002 com profissionais de cognome Piano, Harpa e Pandeiro.

¹⁵ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003 com profissional de cognome Clarineta.

¹⁶ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003 com profissional de cognome Clarineta.

ao volume total de madeira empregado na janela, corresponde a 37,86%. Como consequência da subdivisão das folhas das janelas do protótipo com pinázios,

constataram-se aumentos na quantidade de matéria-prima e na mão-de-obra dos processos de instalação e produção; enfim, no preço final do produto.

Dependência	Código da Janela	Volume de madeira das janelas			Volume Total (m ³)	Peso (kg) (Densidade estimada: 900 kg/m ³)
		Marco (m ³)	Folha (m ³)	Alizar (m ³)		
Sala/Cozinha	J1	0,0270	0,0154	0,0060	0,0484	43,56
	J2	0,0231	0,0124	0,0047	0,0402	36,18
	J6	0,0207	0,0084	0,0047	0,0338	30,42
Dormitório 1	J3	0,0270	0,0154	0,0060	0,0484	43,56
	J7	0,0207	0,0079	0,0047	0,0333	29,97
Dormitório 2	J4	0,0221	0,0434 (0,0158 f + 0,0276 v)	0,0074	0,0729	65,61
Sanitário	J5	0,0111	0,0035	0,0029	0,0175	15,75
TOTAL		0,1517	0,1064	0,0364	0,2945 m³	265,05 kg
%		51,5%	36,1%	12,4%	100%	*

Quadro 59 - Volume e peso de madeira das janelas do protótipo

Dependência	Código da Porta	Volume de madeira das portas			Volume Total (m ³)	Peso (kg) (Densidade estimada: 900 kg/m ³)
		Marco (m ³)	Folha (m ³)	Alizar (m ³)		
Sala/Cozinha	P1	0,0159	0,0473	0,0062	0,0694	62,46
	P2	0,0161	0,0419	0,0063	0,0643	57,87
Dormitório 1	P3	0,0158	0,0340	0,0072	0,057	51,30
Dormitório 2	P4	0,0159	0,0347	0,0067	0,0573	51,57
Sanitário	P5	0,0183	0,0338	0,0073	0,0594	53,46
TOTAL		0,082	0,1917	0,0337	0,3074 m³	276,66 kg
%		26,7%	62,4%	10,9%	100%	*

Quadro 60 - Volume e peso de madeira das portas do protótipo

Comparando-se o volume de madeira empregado nas janelas com o volume de madeira empregado nas portas das esquadrias do protótipo, constata-se que o percentual de volume de madeira dos marcos das janelas (51,5%) é praticamente o dobro dos das portas (26,7%). Os prováveis motivos para a grande quantidade de madeira dos marcos das janelas são a largura exagerada (aproximadamente 16 cm, enquanto nas portas é de 11 cm) e a inclusão dos mainéis, acrescidos no cálculo de volume do marco. O percentual de volume de madeira das folhas nas janelas (36,1%) é praticamente a metade das portas (62,4%), e para o volume de madeira dos alizares das janelas (12,4%) é semelhante ao das portas (10,9%). Cabe salientar que alguns alizares das portas P1, P2 e P4 foram cortados em função da inexistência de golas.

Em função da variedade de espécies de eucalipto, com suas respectivas densidades, empregados nas 12 esquadrias do protótipo, não é possível quantificar o peso total. Porém, ao estimar-se como densidade média de 900 kg/m³, obtém-se um peso total de 541 kg. A importância de se quantificar o peso de cada esquadria está relacionada com a carga total para transporte, através de rodovias, e o deslocamento manual em obra.

8.5.8 Detalhes construtivos e sistemas de montagem

A durabilidade e a resistência das esquadrias

em madeira dependem, entre outros fatores, das características dos materiais e técnicas construtivas para montagem entre perfis. Os sistemas construtivos das esquadrias podem ser subdivididos em sistemas de emendas, drenagem e vedação.

Sistemas de emendas

Para união dos perfis dos marcos, são feitos entalhes e encaixes pregados (AYUSO, 1990). Para a união de perfis do quadro das folhas, utiliza-se espiga de madeira colada e embutida à pressão. Em função da cola de base vinílica nas emendas de esquadrias externas, utilizava-se um tarugo de madeira transpassado no eixo da união. Porém, hoje, em função da melhor qualidade da cola resorcina-formol, esse procedimento foi descartado¹⁷. O sistema de emendas através de cavilha pode ser empregado em esquadrias, porém esse procedimento não é adotado pelas fábricas brasileiras de esquadrias em madeira¹⁸.

Em esquadrias, não se utiliza o encaixe de meia-esquadria (45°) entre perfis dos marcos e do quadro das folhas, pois a espiga seria muito pequena, não absorvendo os esforços devido às variações climáticas¹⁹. Entretanto, nos alizares e baguetes de fixação dos vidros, os encontros entre perfis ocorrem, preferencialmente, em meia-esquadria. Geralmente, essas peças são fixadas nos marcos e quadros das folhas com pregos sem cabeça.

¹⁷ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002 com profissional de cognome Piano.

¹⁸ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002 com os profissionais de cognome Oboé e Harpa.

¹⁹ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002 com profissional de cognome Pandeiro.

Nas esquadrias do protótipo, o sistema de emenda adotado entre os perfis das folhas das portas é do tipo espiga, porém as espigas das travessas, inferior e superior, transpassaram as couceiras, conforme a Figura 322 (detalhe da porta P1). Esse procedimento pode ser considerado deficiente, pois exige serviços de acabamento dessas superfícies, o que aumenta o custo de produção.



Figura 322 – Detalhe do sistema de emenda através de espiga na porta P1

Materiais para emendas

Segundo Ribeiro (1992), os adesivos utilizados em colagem de madeira disponíveis no mercado brasileiro pertencem a cinco tipos: adesivo do tipo uréia-formol, fenol-formol, resorcina-formol, acetato de polivinila e adesivos à base de policloropreno. Nas esquadrias do protótipo, a cola utilizada em todas as emendas entre os perfis dos quadros e as travessas das folhas foi o adesivo vinílico (referência Cascorez Extra)²⁰. Mas, segundo Ribeiro (1992), os adesivos vinílicos não são indicados para produtos externos, sujeitos às intempéries, pois podem descolar caso não recebam proteção impermeabilizante.

O sistema de junção entre perfis, adotados nos marcos das esquadrias do protótipo, foi de rebaixo com encaixe, fixados com pregos²¹. As junções entre os alizares e os marcos das esquadrias foram feitas com pregos, que, ao oxidarem, produziram manchas escuras na madeira, principalmente nos alizares externos. Segundo o fabricante das esquadrias, a distância máxima usual entre pregos para a fixação dos alizares é de 30 cm; porém, nas esquadrias do protótipo, constatam-se espaçamentos maiores que esse valor. Outro aspecto de destaque está relacionado com a grande quantidade de pregos necessários para a fixação dos 332 baguetes das janelas do protótipo.

²⁰ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003 com profissional de cognome Clarineta.

²¹ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003 com profissional de cognome Clarineta.

Sistemas de drenagem

Os sistemas de drenagem das janelas dependem da funcionalidade e da interface, podendo ser de várias formas. O sistema de drenagem se modifica conforme o modelo da janela²². O sistema tradicional de drenagem para janela com folhas de correr é a execução de alhetes no peitoril, com posterior furação ortogonal e inclinada²³. Porém, esse tipo de sistema tem que receber a colocação de um elemento que barre a pressão do vento no furo, que impede a saída da água acumulada na canaleta²⁴. Mas, atualmente, algumas fábricas de esquadrias estão utilizando perfis em PVC, colocados abaixo da folha de correr, mais externa²⁵.

Nos peitoris dos marcos das janelas J1, J2, J3, J5 e J7 do protótipo foram feitos furos para escoamento d'água, desnecessários em janelas maxim-ar. O sistema de drenagem da janela J4 foi executado mediante rasgos no peitoril com furos perpendiculares e inclinados, com diâmetro de 10 mm²⁶; porém, deve ser verificado se os dois furos são suficientes para o escoamento d'água. Em função desse sistema de drenagem, e pela falta de estanqueidade total das esquadrias, desaconselha-se a lavagem das esquadrias em madeira com jato d'água.

Sistemas de vedação de juntas

Para a instalação de uma esquadria no vão é necessário que existam folgas entre esses componentes. Essas folgas possuem dimensões adequadas para o seu preenchimento com material selante e podem ser denominadas de juntas cheias (fechadas ou seladas). Por outro lado, para que a esquadria tenha movimentação das folhas, sem desgaste dos materiais, é necessário que existam folgas entre as folhas e marcos. Essas folgas podem ser denominadas de juntas abertas. Nessa situação, a especificação da vedação depende da pressão de contato que a folha exerce contra o marco, da elasticidade da gaxeta de borracha e do paralelismo entre os elementos (ABCI, 1991). Nas esquadrias em madeira, para minimizar as infiltrações de ar ou água, são adotados encaixes entre os componentes, executando-se reentrâncias e saliências. Os principais componentes de vedação de juntas utilizados nas esquadrias residenciais em madeira são a gaxeta de borracha, a escova com felpas de polipropileno e os silicones, como selantes.

As portas e janelas do protótipo não apresentam gaxetas de borracha, escovas ou selante como sistemas de vedação das juntas abertas. Entretanto, constata-se em todas as janelas maxim-ar a presença

²² Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002 com profissional de cognome Harpa.

²³ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002 com profissional de cognome Pandeiro.

²⁴ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002 com profissional de cognome Oboé.

²⁵ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002 com profissional de cognome Pandeiro.

²⁶ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003 com profissional de cognome Clarineta.

de peças de arremate, a fim de minimizar frestas e melhorar a estanqueidade.

Conforme o Quadro 61, as portas do protótipo apresentam o mesmo tipo e quantidade de ferragens e fechaduras. Nesse mesmo quadro, constata-se a semelhança na quantidade de ferragens das

janelas J1, J2, J3, J6 e J7. Porém, na janela J4, devido à sua característica funcional diferenciada das demais, verifica-se um aumento significativo de acessórios e ferragens. As maçanetas são do tipo alavanca e atendem às prescrições de acessibilidade da norma NBR 9050 (ABNT, 1994).

Tipo	Código das Esquadrias	Relação de ferragens e acessórios das esquadrias Dados: * J1, J2, J3 e J5 com grade de aço (diâmetro ½")
Janela	J1; J2; J3	4 braços de reversão pantográficos em duralumínio c/ 16 parafusos; 2 fechos c/ 8 parafusos; 8 barras de aço (L=1,19 m); 128 pregos 16 mm (6x7); 21 pregos 27 mm (10x12)
	J6 e J7	4 braços de reversão pantográficos em duralumínio c/ 16 parafusos; 2 fechos c/ 8 parafusos; 96 pregos 16 mm (6x7); 21 pregos 27 mm (10x12)
	J4	1,13 m de perfil "H" em alumínio c/ 6 parafusos; 1,13 m de perfil "J" c/ 4 parafusos; 2 roldanas com rodízios em aço; 8 dobradiças de 3" c/ 48 parafusos; 2 cremonas c/ 16 parafusos e vareta de 1,10 m; 4 roldanas com rodízio em náilon; 1 pino-bola c/ 4 parafusos; 128 pregos 16 mm (6x7); 12 pregos (17x27); 21 pregos 27 mm (10x12)
	J5	2 braços de reversão pantográficos em duralumínio c/ 8 parafusos; 1 fecho c/ 4 parafusos; 6 barras de aço (L=0,41 m); 24 pregos 16 mm (6x7); 21 pregos 27 mm (10x12)
Porta	P1; P2; P3; P4; P5	Fechadura com maçaneta de alavanca completa, referência: colonial Soprano; 4 dobradiças 3"x3" c/ 24 parafusos; 4 pregos 17x27 (marcos); 22 pregos 27 mm (10x12)

Quadro 61 - Relação de ferragens e acessórios para as esquadrias do protótipo

8.5.9 Complementos

As principais variáveis que podem alterar o aporte de calor pela abertura em uma edificação são, além da orientação e do tamanho da abertura, o tipo de vidro e o uso de proteções solares internas e externas (LAMBERTS; PEREIRA; DUTRA, 1997).

Vidros

Para o cálculo da espessura de uma chapa de vidro, consideram-se os seguintes esforços: pressão do vento; peso próprio por unidade de área; e pressão de cálculo. O Quadro 62 relaciona as dimensões máximas das chapas de vidro recozido, relacionadas à espessura nominal.

Espessura nominal (mm)	Largura máxima: menor dimensão da chapa (m)	Comprimento máximo: maior dimensão da chapa (m)
2,2	0,30	0,50
3,0	0,60	1,30
4,0	1,00	1,80
5,0	1,40	2,30
6,0	1,80	2,80

Quadro 62 - Dimensões máximas de chapa de vidro recozido (baseado em ABNT, 1988)

Apesar das dimensões dos vidros das janelas do protótipo terem dimensões próximas de 0,20 m x 0,20 m, foram empregados vidros com espessura de 3 mm, atendendo exigência da norma NBR 7199 (ABNT, 1988), que determina, para pressão de cálculo acima de 1 kPa, espessura nominal mínima de vidro recozido igual a 3 mm, mesmo que os resultados da fórmula ou do quadro indiquem espessura menor. A norma NBR 7210 (ABNT, 1988) tem como finalidade definir, entre outros, os termos técnicos relacionados com o vidro em chapa e com os defeitos comuns dos vidros.

Para o envidraçamento das sete janelas, foram utilizadas 83 placas de vidro, sendo 80 de vidro transparente, com 3 mm de espessura, e três placas de vidro translúcido pontilhado, com 4 mm de espessura, para

a janela do sanitário. Os vidros translúcidos, como o miniboreal e o pontilhado, devem ser colocados nas esquadrias com a face lisa voltada para o exterior, a fim de evitar a impregnação excessiva de poeira²⁷.

O Quadro 63 demonstra uma diferença de 1,56 m² entre a área real dos vidros instalados e a área orçada pela vidraçaria. Essa diferença pode ser considerada como uma perda econômica no processo de envidraçamento. O orçamento das vidraçarias, de qualquer placa de vidro transparente ou translúcido, considera as medidas múltiplas de 5 cm²⁸.

Envidraçamento

A fixação dos vidros nas janelas do protótipo foi feita com massa de vidraceiro com baguetes em

²⁷ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003 com profissional de cognome Alaúde.

²⁸ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003 com profissional de cognome Alaúde.

Dependência	Código da Janela	Quantificação e preço dos vidros das janelas do protótipo					
		Dados: Preço do vidro transparente 3 mm = R\$ 41,12/m ² colocado Preço do vidro pontilhado 3 mm = R\$ 41,12/m ² colocado CUB/RS fev. 2003 = R\$ 664,31 (Fonte: Jornal do CREA, nº 5, 2003)					
		Quantidade (pç)	Dimensões (m)	Área (m ²)	Vidraçaria		Preço CUB/RS
Área (m ²)	Preço (R\$)						
Sala/Cozinha	J1	12	0,213x0,213	0,746	5,35	220,00	0,331
		4	0,215x0,235				
	J2	8	0,213x0,223	0,576			
4		0,215x0,229					
	J6	12	0,191x0,157	0,360			
Dormitório 1	J3	12	0,213x0,213	0,746			
		4	0,215x0,235				
	J7	8	0,299x0,157	0,376			
Dormitório 2	J4	16	0,233x0,223	0,831			
Sanitário	J5	3	0,200x0,255	0,153			
TOTAL		83		3,788	5,35	R\$ 220,00	0,331 CUB/RS

Quadro 63 - Dimensões e preço dos vidros das janelas do protótipo

madeira, pregados. O serviço de colocação dos vidros foi efetuado por um funcionário, sendo o tempo total estimado para a colocação das 83 peças de vidro de aproximadamente 3 horas e 30 minutos, isto é, 210 minutos²⁹. Nesse caso específico, consta-

ta-se um tempo médio de 2 minutos e 30 segundos para a retirada dos baguetes, colocação de massa de vidraceiro, colocação da placa de vidro, recolocação dos baguetes e retirada do excesso de massa de vidraceiro.

²⁹ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003 com profissional de cognome Alaúde.

Se as folhas das janelas do protótipo não possuísem subdivisões com pinázios, ocorreria uma redução de 92,9% na medida linear das juntas. Com isso, poderia ocorrer redução no consumo de selante. Segundo a ABCI (1991), o rendimento do tubo de silicone, com 300 mL, é de 33 m, para largura e espessura de junta igual a 3 mm. O rendimento de massa de vidraceiro é estimado, pelos vidraceiros, em 1 kg/m² de vidro.



Figura 323 - Janela do dormitório norte

Veneziana

Segundo a maioria dos fabricantes de esquadrias em madeira, as esquadrias com veneziana custam o dobro das esquadrias sem esse complemento. O preço de uma janela, por exemplo, com duas folhas de correr com vidro e quadros de venezianas de sanfonar, com palheta tradicional, é o dobro em comparação com uma janela com as mesmas dimensões, mas sem veneziana³⁰. Entretanto, o fabricante das esquadrias do protótipo, afirma que o acréscimo no custo de uma esquadria com veneziana (Figura 324) é de, aproximadamente, 40%³¹.



Figura 324 - Veneziana no dormitório sul

³⁰ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002 com profissional de cognome Pandeiro.

³¹ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003 com profissional de cognome Clarineta.

Grade

O comprimento de fabricação das barras em aço é de 6,00 m, segundo lojas especializadas desse produto. Para se evitarem desperdícios, as alturas das janelas e os cortes das barras deverão ser planejados de forma a se obter um melhor rendimento desses materiais. As barras de aço cortadas são colocadas após a montagem das janelas, furando-se os marcos e embutindo as barras de um extremo ao outro. O acréscimo no custo de uma esquadria, para a colocação de grade em aço, varia de 20% a 25%³². Em alguns casos, a proteção da esquadria envidraçada pode ser atendida pela subdivisão dos vidros com pinázios, porém esse complemento às esquadrias acrescenta, no mínimo, 10% no custo, além de aumentar a quantidade de baguetes e de materiais de envidraçamento.

Nas janelas J1, J2, J3 e J5 do protótipo foram instaladas, internamente, como grade de proteção, barras de aço verticais, sem pintura (Figura 325). Para essas janelas foi necessário utilizar cinco barras inteiras de aço, resultando em 75 cm de sobra. Essas barras são de seção circular lisa, com diâmetro de $\frac{1}{2}$ " , e estão espaçadas entre si em, aproximadamente, 10 cm, o que confere uma proteção adequada, pois estão adequadamente ajustadas aos marcos das janelas. Porém, na abertura total das janelas, essas barras geram barreiras para a manipulação dos comandos, assim como dificultam o fechamento da folha da janela.

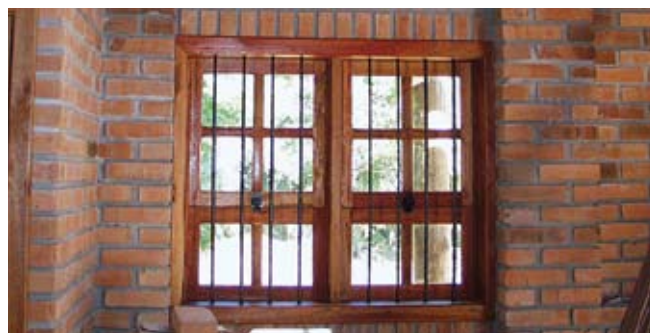


Figura 325 - Grade na janela da sala/cozinha

8.5.10 Complementos

Geralmente, as esquadrias em madeira são entregues nas obras *in natura*, sem qualquer proteção superficial (ABCI, 1991). Entretanto, de acordo com Zeh (1976), as esquadrias produzidas em série e com tamanhos normalizados podem ser fornecidas com impregnação ou pintura de fundo. Conforme o IPT (1998), o bom desempenho do processo de pintura está baseado em cinco fatores: conhecimento do ambiente; seleção correta das tintas em função do meio; preparo da superfície; e aplicação e controle de qualidade. De acordo com Zeh (1976), os produtos e o tratamento superficial da madeira são, geralmente, determinados pelas características da madeira e exigências relativas à superfície pronta, podendo ser transparente ou pigmentado. O acabamento trans-

³² Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003 com profissional de cognome Clarineta.

parente, por exemplo, é empregado em madeiras de poros abertos, para dar realce à estrutura das veias e desenhos, e o acabamento pigmentado, em madeiras de poros fechados, para o atendimento de necessidades específicas.

Os procedimentos e produtos empregados na proteção da madeira das esquadrias do protótipo foram sugeridos pelo fabricante das esquadrias³³. Os materiais empregados³⁴ na proteção das esquadrias do protótipo são:

a) emX Multiuso - composição: aditivo bioquímico; fabricante: Oxigênio da Amazônia; conteúdo: 100 mL; preço: R\$ 7,50 (fev. 2003); quantidade: 2 tubos (sobraram aproximadamente 50 mL);

b) TEDOX - óleo de linhaça; fabricante: I. B. Schild; conteúdo: 900 mL; preço: R\$ 12,88 (fev. 2003);

c) CLARIM - óleo de linhaça; fabricante: Klein; conteúdo: 900 mL;

d) AGUARRÁS - essência de terebentina; fabricante: Farma Química; conteúdo: 1.000 mL; e

e) borrifador de jardim; pincel; estopa; balde; escada.

Os procedimentos adotados no tratamento superficial das esquadrias do protótipo ocorreram de duas formas:

a) 1ª mistura: diluição do conteúdo de seis tampas do produto emX Multiuso em 500 mL de água; aplicação da primeira demão, através de borrifador de jardim; aguardado o tempo de absorção da madeira, foi aplicada a segunda demão dessa mistura; e

b) 2ª mistura: diluição do óleo de linhaça (900 mL) em 330 mL de essência de terebentina; tentativa de aplicação da mistura com saco de linhagem e estopa (procedimento descartado); aplicação de uma primeira demão com pincel; após a madeira absorver a primeira demão, foi aplicada a última demão.

Esse tratamento superficial das esquadrias do protótipo ainda não pode ser considerado como pintura de acabamento eficiente, pois seria necessário verificar a durabilidade e o comportamento do tratamento ante as intempéries e agentes naturais agressivos, o custo final do tratamento, a toxicidade do produto terebentina, o nível de impermeabilização gerado pelo produto e os materiais de limpeza adequados ao produto.

A soma das áreas das superfícies destinadas à pintura ou tratamento das esquadrias do protótipo é de 48,74 m², sendo, aproximadamente, 50% para as portas e 50% para as janelas, conforme indicam os Quadros 64 e 65. As folhas das portas e janelas

³³ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003 com profissional de cognome Banjo.

³⁴ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003 com profissional de cognome Marimba.

são responsáveis por mais de 50% da superfície total destinados à pintura, sendo destacada, em relação às demais janelas, a quantidade maior de área de

pintura para as folhas da janela J4, pelo acréscimo de venezianas.

Dependência	Código da Janela	Superfície para pintura das janelas			Superfície Total (m ²)
		Marco (m ³)	Folha (m ³)	Alizar (m ³)	
Sala/Cozinha	J1	1,316	1,786	0,679	3,781
	J2	1,040	1,772	0,456	3,268
	J6	0,756	1,312	0,473	2,541
Dormitório 1	J3	1,316	1,786	0,679	3,781
	J7	0,756	1,289	0,473	2,518
Dormitório 2	J4	1,055	5,627	0,704	7,386
Sanitário	J5	0,411	0,434	0,339	1,184
TOTAL		6,650	14,006	3,803	24,459m²
%		27,2%	57,3%	13,4%	100%

Quadro 64 - Superfícies para pintura das janelas do protótipo

Dependência	Código da Porta	Superfície para pintura das portas			Superfície Total (m ²)
		Marco (m ²)	Folha (m ²)	Alizar (m ²)	
Sala/Cozinha	P1	0,621	3,586	0,575	4,782
	P2	0,622	3,732	0,594	4,948
Dormitório 1	P3	0,618	3,496	0,711	4,825
Dormitório 2	P4	0,621	3,592	0,654	4,867
Sanitário	P5	0,691	3,462	0,711	4,864
TOTAL (m²)		3,173	17,868	3,245	24,286 m²
%		13%	73,6%	13,4%	100%

Quadro 65 - Superfícies para pintura das portas do protótipo

8.5.11 Análise das variáveis comportamental e utilitária das esquadrias

O principal objetivo da definição do perfil de desempenho de uma esquadria é o de sistematizar a

análise das diversas exigências funcionais, sem hierarquia de importância. Essa análise de desempenho apresenta dificuldades devido à simultaneidade de funções que as esquadrias apresentam (ABCI, 1991).

CONTEÚDO DE ORDEM	VARIÁVEIS DE DESEMPENHO	DESCRIÇÃO
COMPORTAMENTAL E UTILITÁRIO (PERFIL DE DESEMPENHO)	RESISTÊNCIA	Durabilidade
		Estrutural: à deformação / à carga de vento / ao uso / contra roubo e vandalismo
		Ao fogo
	TÉCNICO-FUNCIONAL HABITABILIDADE	Funcionalidade
		Iluminação natural
		Ventilação natural
		Isolamento térmico
		Isolamento acústico
	ESTANQUEIDADE	À água de chuva
		Ao ar / à poeira
		A insetos
	ACESSIBILIDADE E ERGONÔMICO	Acessibilidade aos comandos
		Facilidade de movimentação e manutenção
	ESTÉTICO	Adequação ao conjunto arquitetônico
		Ordem / complexidade
		Forma / superfície / cor
	ECONÔMICO (MANUTENÇÃO)	Custo de limpeza
		Custo de reposição de peças
		Economia de energia elétrica
		Economia de uso de inseticidas
EXIGÊNCIAS DE INTERESSE ECOLÓGICO	Sustentável	
	Reciclável	

Quadro 66 - Variáveis que intervêm no perfil de desempenho técnico e funcional de uma esquadria

As principais variáveis de desempenho que afetam a qualificação de uma esquadria estão descritas no Quadro 66.

Resistência

As esquadrias do protótipo não apresentam deformações visíveis, pois utilizam matéria-prima resistente e espessuras tradicionais dos perfis. Nas janelas maxim-ar, a colocação de mainel é estruturalmente benéfica, pois impede a flexão da verga do marco. Os alizares externos das janelas J1, J2, J3, J6 e J7 poderão apresentar deformações devido ao número reduzido de pontos de fixação nos marcos, pela falta de proteção superficial impermeável e pela incidência de radiação solar. O alizar externo superior, da janela J4, poderá apresentar deformações, devido à largura (9,5 cm) e à pequena espessura (1,2 cm).

As portas internas P3, P4 e P5 do protótipo apresentam menor resistência a impactos em comparação com as portas externas, pois as primeiras não apresentam reforços de travessas centrais, além de os lambris inclinados terem espessura igual a 16 mm. Já as portas externas apresentam maior resistência a impactos ou vandalismo. As folhas das janelas do protótipo apresentam boa resistência estrutural ao vandalismo, em função das subdivisões com pinázios e pela dimensão dos quadros e perfis, além das grades de proteção.

Desempenho técnico-funcional e habitabilidade

Segundo Pol (1996), isolar bem e ventilar corretamente sintetizam o desempenho de conforto ambiental que um edifício moderno deve oferecer. O controle de temperatura, quando corretamente pra-

ticado pela abertura ou fechamento de uma janela, contribui tanto no sentido de melhorar as condições de conforto térmico quanto para a redução de consumo energético, decorrente do uso de sistemas de ventilação forçada nos ambientes (ABCI, 1991).

Funcionalidade

A funcionalidade das esquadrias do protótipo está descrita no Quadro 67. Todas as cinco portas do protótipo são de bater - movimentadas mediante a rotação em torno de eixo vertical fixo, coincidente com a lateral das folhas. A funcionalidade adotada para seis janelas é projetante/deslizante (maxim-ar), sendo as janelas J1, J2 e J3 acrescidas de partes fixas. A funcionalidade da janela J4 é de duas folhas de correr com veneziana em quatro folhas de sanfonar.

As janelas J2 e J5 do protótipo, em função da funcionalidade do tipo maxim-ar e da largura do marco, poderão ser utilizadas como suporte de produtos de limpeza, higiene ou de adornos.

Iluminação natural

Nas esquadrias do protótipo, a área mínima para iluminação, propiciada pelas janelas, é confrontada com as exigências da legislação municipal (PORTO ALEGRE, 1999), conforme demonstra o Quadro 68. Constata-se que o somatório das áreas das janelas de cada dependência atende à legislação. Com relação à área das dependências prevista no projeto, constatou-se que a área útil total da edificação aumentou 1,13 m², distribuído entre as dependências, porém esse aspecto não afetou diretamente o dimensionamento das janelas.

Dependência	Esquadria	Código da Esquadria	Descrição funcional das esquadrias Dados: * folhas das janelas subdivididas em pinázios; * J1, J2, J3 e J5 com grade de aço (diâmetro 1/2")	
Sala/Cozinha	JANELA	J1	2 folhas inferiores fixas + 2 folhas superiores maxim-ar	
		J2	2 folhas inferiores fixas + 2 folhas superiores maxim-ar	
		J6	2 folhas maxim-ar	
Dormitório 1		J3	2 folhas inferiores fixas + 2 folhas superiores maxim-ar	
		J7	2 folhas maxim-ar	
Dormitório 2		J4	2 folhas de correr + 4 folhas com veneziana de sanfonar	
Sanitário		J5	1 folha maxim-ar	
Sala / Cozinha		PORTA	P1	1 folha de abrir direita, almofadada
			P2	1 folha de abrir direita, almofadada
Dormitório 1			P3	1 folha de abrir direita, com lambris central em diagonal
Dormitório 2	P4		1 folha de abrir esquerda, com lambris central em diagonal	
Sanitário	P5		1 folha de abrir esquerda, com lambris central em diagonal	

Quadro 67 - Descrição funcional das esquadrias do protótipo

Dependência		Janelas do protótipo					Previsto na Legislação LC nº 284	
Descrição	Área (m²)	Código	Dimensões (marco incluído)		Área		Fração área do piso	Área mínima (m²)
			Largura (m)	Altura (m)	Parcial (m²)	Total (m²)		
Sala/Cozinha	16,12	J1	1,194	1,184	1,414	3,224	1/6 ilum.	2,686
		J2	1,144	0,934	1,068			
		J6	1,534	0,484	0,742			
Dormitório 1 (filhos)	9,01	J3	1,194	1,184	1,414	2,156	1/6 ilum.	1,501
		J7	1,534	0,484	0,742			
Dormitório 2	8,54	J4	1,196	1,19	1,423	1,423	1/6 ilum	1,423
Sanitário	4,41	J5	0,814	0,404	0,329	0,329	Zero	0,0
TOTAL (m²)	38,08		*			7,132	Iluminação	5,61

Quadro 68 - Confronto entre as janelas do protótipo e as exigências da legislação municipal sobre iluminação natural

Por outro lado, considerando-se a área efetiva de iluminação, propiciada pelos vidros das janelas e desconsiderando os marcos, quadros das folhas, mai-

nel e pinázios, conforme demonstra o Quadro 69, supõe-se que todas as dependências (exceto sanitário) não estariam suficientemente iluminadas.

Dependências		Janelas do protótipo			Previsto na Legislação LC nº 284 Área de iluminação (m²)
		Código	Área efetiva de Iluminação Natural (m²)		
Descrição	Área (m²)			Parcial	Total
Sala/Cozinha	16,23	J1	0,646	1,446	2,705
		J2	0,500		
		J6	0,300		
Dormitório 1	8,10	J3	0,646	0,969	1,35
		J7	0,323		
Dormitório 2	8,10	J4	0,725	0,725	1,35
Sanitário	4,52	J5	0,133	0,133	0
TOTAL (m²)	36,95	*	*	3,273	5,405

Quadro 69 - Confronto entre a área efetiva de iluminação natural das janelas do protótipo e a legislação municipal

Supondo que as folhas das janelas do protótipo não fossem subdivididas com pinázios, a área efetiva

de iluminação natural aumentaria, aproximadamente, 20%, conforme o Quadro 70.

Código da janela	Área de iluminação efetiva (m²)	Suposição: área de iluminação para folha das janelas sem pinázios (m²)
J1	0,646	0,786
J2	0,500	0,531
J3	0,646	0,786
J4	0,725	0,901
J5	0,133	0,154
J6	0,300	0,384
J7	0,323	0,384
TOTAL	3,273	3,926
%	100%	~ 20% a mais de iluminação

Quadro 70 - Área efetiva de iluminação das janelas do protótipo para folhas sem pinázios

Ventilação natural

Entre os vários objetivos da ventilação nas habitações, destacam-se a substituição do ar impuro ou viciado por outro limpo e fresco, e a promoção da ventilação natural, como recurso para o controle da temperatura dos ambientes (ABCI, 1991). Para isso, as esquadrias, principalmente janelas, devem propiciar uma ventilação que atenda às exigências humanas, que variam de 8 m³ a 25 m³ por hora para uma pessoa, em condições de repouso ou de atividade leve (POL, 1996). O Quadro 71 delimita a ventilação necessária por pessoa para algumas situações relacionadas ao espaço interno.

VENTILAÇÃO MÍNIMA NECESSÁRIA			
Espaço disponível por pessoa (m ³)	Ar requerido por pessoa (m ³ /h)		
	Mínimo	Valores recomendados	
		Sem fumar	Fumando
3	40,7	61,2	81,4
6	25,6	38,5	51,1
9	18,7	28,1	37,4
12	14,4	21,6	28,8

Quadro 71 - Ventilação mínima necessária (baseado em ICE, 1988b)

Dependência		Janelas do protótipo					Previsto na Legislação LC nº 284	
		Código	Dimensões (marco incluído)		Área		Fração área do piso	Área mínima de ventilação (m ²)
Descrição	Área (m ²)		Largura (m)	Altura (m)	Parcial (m ²)	Total (m ²)		
Sala/Cozinha	16,12	J1	1,194	1,184	1,414	3,224	1/12	1,343 vent.
		J2	1,144	0,934	1,068			
		J6	1,534	0,484	0,742			
Dormitório 1 (filhos)	9,01	J3	1,194	1,184	1,414	2,156	1/12	0,75 vent.
		J7	1,534	0,484	0,742			
Dormitório 2	8,54	J4	1,196	1,19	1,423	1,423	1/12	0,711 vent.
Sanitário	4,41	J5	0,814	0,404	0,329	0,329	1/12	0,367 vent. Obs.: mín>0,4
TOTAL (m²)	38,08		*			7,132	Ventilação	3,204

Quadro 72 - Confronto entre as janelas do protótipo e as exigências da legislação municipal sobre ventilação natural

Os códigos de edificação exigem uma área mínima de ventilação para as janelas residenciais, de acordo com uma fração da área do piso das dependências, embora esta represente 50% do previsto para a iluminação. O Quadro 72 relaciona as janelas do protótipo com as exigências da legislação. Consta-se que a área de ventilação, propiciada pelas janelas do protótipo, atende plenamente às exigências da legislação, exceto no banheiro, para o qual a legislação prevê, independentemente da área, um mínimo de 0,40 m².

Por outro lado, considerando-se a área efetiva para ventilação natural das dependências, conforme demonstra o Quadro 73, somente as janelas da sala/cozinha e do dormitório (1) atenderiam à legislação. Consta-se, então, que a área efetiva de ventilação é insuficiente nas janelas do dormitório (2) e sanitário. Outro aspecto a salientar é sobre a comparação entre as janelas J1 e J4: apesar de terem praticamente a mesma área, a primeira propicia 58% a mais de ventilação, em função da característica funcional.

Dependência		Janelas do protótipo			Previsto na Legislação LC nº 284 Ventilação (m ²)
		Código	Área efetiva de Ventilação Natural (m ²)		
Descrição	Área (m ²)			Parcial	Total
Sala/Cozinha	16,23	J1	0,796	1,856	1,3525
		J2	0,507		
		J6	0,553		
Dormitório 1	8,10	J3	0,796	1,349	0,675
		J7	0,553		
Dormitório 2	8,10	J4	0,503	0,503	0,675
Sanitário	4,52	J5	0,232	0,232	0,40
TOTAL (m²)	36,95	*	*	3,940	3,1025

Quadro 73 - Confronto entre a área efetiva de ventilação natural das janelas do protótipo com a legislação municipal

Estanqueidade

A estanqueidade das esquadrias é uma variável que pode estar relacionada com as condições ambientais, características da edificação, dos sistemas construtivos e funcionais, e com os elementos de

vedação. A penetração de água ou ar ocorre, sobretudo, pela pressão do vento, fluindo através de frestas ou juntas mal vedadas (TRIKEM, 2000). Os pontos vulneráveis das esquadrias podem ocorrer nas juntas do marco da esquadria com o vão da alvenaria, nas

juntas do marco com a folha móvel, entre o pano de vidro e as travessas e montantes da folha da janela, e pelas frestas entre perfis do marco e o material de interface (ABCI, 1991). Para uma maior estanqueidade das esquadrias com as interfaces, deve-se adotar ancoragens resistentes, para evitar movimentos produzidos por pressões de vento, e aplicar um selador perimetral no contorno da abertura que evite as infiltrações (ICE, 1988b).

Estanqueidade à água de chuva

As folhas das janelas do protótipo, por serem subdivididas com pinázios, têm maior probabilidade de apresentar frestas em comparação com as folhas simples. Conforme descreve o Quadro 74, as janelas teriam, aproximadamente, 50% menos juntas de envidraçamento, se sem pinázios.

Estanqueidade ao ar e à poeira

Os ventos de inverno poderão afetar o conforto interno do protótipo, pois se constata que as janelas J2 e J5 não apresentam elementos de vedação, como gaxetas de borracha, o que pode gerar deficiências de estanqueidade ao ar. Entretanto, segundo a ABCI (1991), as janelas com funcionalidade projetante/deslizante (maxim-ar) apresentam boa estanqueidade, pois a pressão do vento sobre a folha pressiona-a contra o marco. Por outro lado, a porta P2, que não possui elemento de vedação com gaxeta de borracha, junto ao batente do marco e entre a borda inferior da folha e o piso, também poderá gerar infiltração de ar. Nesse caso, como providências alternativas, coloca-se rodapé automático ou a varredura - peça flexível de borracha, presa na parte inferior da porta (CHING, 1999).

Código da janela	Comprimento dos baguetes <i>as built</i> (m)	Comprimento dos baguetes para folhas sem pinázios (m)
J1	13,52	7,26
J2	10,22	6,04
J3	13,52	7,26
J4	14,27	5,84
J5	2,67	1,80
J6	7,98	3,84
J7	7,04	3,84
TOTAL	69,22 m	35,88 m

Quadro 74 - Comparação entre o comprimento dos baguetes das janelas do protótipo e as folhas sem pinázios

Estanqueidade a insetos

A estanqueidade a insetos é uma variável que está relacionada com o meio ambiente e com os complementos de proteção associados à funcionalidade da esquadria. Geralmente, os insetos entram nas edificações quando as folhas das esquadrias estão abertas para ventilar. A presença de insetos - moscas, baratas, cupins, mosquitos, etc. - nas edificações não se deve à existência de esquadrias, mas dos atrativos básicos para sua sobrevivência. Telas, repelentes naturais e, especialmente, limpezas periódicas podem reduzir (sem extinguir) esses insetos (MONTENEGRO, 1984). As janelas do protótipo não possuem tela mosquiteiro, e as portas externas, P1 e P2, não foram dotadas de varredura ou outro dispositivo entre a borda inferior da folha e o piso que pudesse evitar a entrada de insetos. As esquadrias do protótipo não oferecem uma vedação eficiente no perímetro de interface, o que poderá propiciar a entrada de insetos pelas juntas rebaixadas dos tijolos.

Exigências de acessibilidade e ergonomia

De acordo com a norma NBR 9050 (ABNT, 1994), o nível dos olhos de um usuário de cadeira de rodas encontra-se, em média, a 1,15 m de altura. Por isso, deve-se posicionar os peitoris das janelas em nível inferior a essa altura, de forma a permitir uma melhor visualização do exterior. Por outro lado, o posicionamento dos comandos deve estar no máximo a 1,35 m do piso, para evitar que estes fiquem em posição superior à faixa de alcance manual de um usuário de cadeira de rodas.

A posição dos comandos das esquadrias do protótipo apresenta divergências em relação ao

preconizado pela norma NBR 9050 (ABNT, 1994). O Quadro 75 descreve essas informações de forma comparativa, constatando-se que:

- a) todas as maçanetas das portas estão posicionadas a aproximadamente 5 cm acima do prescrito pela norma;
- b) a posição dos comandos das janelas J2, J4, J5, J6 e J7 não atendem às prescrições da norma;
- c) as janelas J6 e J7 do clerestório da sala e dormitório 1 só poderão ser acessadas mediante a colocação de escada ou se for construído um mezanino;
- d) a altura máxima dos peitoris das janelas, segundo a norma, é atendida nas janelas J1, J3 e J4; e
- e) o peitoril da janela J5 (1,71 m) gera dificuldade e desconforto para sua abertura e fechamento.

Desempenho estético

A satisfação estética pode ocorrer quando o homem reconhece, no entorno material, princípios que regem o seu próprio corpo e na relação do sistema horizontal/vertical. Esses princípios estão fundamentados no ritmo, no movimento e no ordenamento que se repetem de forma uniforme (LÖBACH, 2001). Löbach (2001) acrescenta que todo o processo de design é tanto um processo criativo como um processo de solução de problemas. Com isso, além da fabricação econômica e o emprego econômico de determinados materiais, as preferências estéticas dos usuários podem ser fatores imprescindíveis para a configuração dos produtos.

Dependência	Acessibilidade das janelas do protótipo			Acessibilidade das portas do protótipo	
	Código	Peitoril (m)	Posição do comando ao piso (m)	Código	Posição do comando ao piso (m)
Sala/Cozinha	J1	0,925	1,31	P1	1,055
	J2	1,18	1,57		
	J6	3,37	3,42	P2	1,055
Dormitório 1	J3	0,925	1,31	P3	1,05
	J7	3,37	3,42		
Dormitório 2	J4	0,925	1,50	P4	1,05
Sanitário	J5	1,71	1,76	P5	1,05
Previsto na NBR 9050		< 1,15 m	Entre 0,40 m e 1,35 m	*	1,00 m
Preferencialmente, segundo Qualharini e Anjos (1997)		Entre 0,80 m e 1,00 m	Entre 0,40 m e 1,20 m	*	Entre 0,80 m e 0,90 m

Quadro 75 - Posicionamento dos comandos das esquadrias do protótipo

Para esquadrias, a variável estética pode estar associada às suas dimensões e proporções, à sua adequação ao conjunto arquitetônico e aos acabamentos superficiais, tanto nas questões de textura quanto de cor. A utilidade das cores não se restringe à aparência, mas adentra os conceitos físicos de controle térmico e visual. A pintura de cores claras nas superfícies aumenta a reflexão à radiação solar, reduzindo os ganhos de calor. No interior das edificações, cores claras refletem mais luz, podendo ser empregadas em conjunto com sistemas de iluminação natural ou artificial (LAMBERTS; PEREIRA; DUTRA, 1997). De acordo com Löbach (2001), os principais aspectos estéticos de um

produto, descritos no Quadro 76, são a ordem, a complexidade, a forma, a superfície e a cor.

As esquadrias do protótipo se apresentam com coloração variável, incluindo tons amarelados, avermelhados, castanho-claros e tons de marrom, através da matéria-prima, e superfície fosca. As portas P1 e P2 apresentam abundância de informação, pela variedade e quantidade de almofadas, e as portas internas P3, P4 e P5 apresentam complexidade pelos elementos em diagonal. Apesar de as portas P3 e P4, dos dormitórios, apresentarem sentidos opostos de abertura (direita e esquerda), os lambris centrais, em diagonal,

Variáveis estéticas de um produto	
Tipo	Descrição e caracterização
Ordem	Determinada pelo número de elementos de configuração e pela quantidade de características de ordenação. Quanto menor o esforço perceptivo, tanto maior o grau de ordem, mas também a impressão de monotonia. Ordem elevada significa uma oferta de percepção com baixo conteúdo de informação, isto é, tem um baixo valor na captação da atenção e são compreendidos rapidamente, com pouco esforço perceptivo. O princípio de ordenação ocorre no quadro horizontal/vertical, na simetria, na imagem refletida e na uniformidade. A simetria de um produto pode ser horizontal ou vertical, mas os produtos simétricos horizontalmente são preferidos aos simétricos verticalmente.
Complexidade	Determinada pelo número de elementos de configuração e pela quantidade de características de ordenamento. Alta complexidade significa um produto com grande conteúdo de informação. Por exemplo, os desvios da relação horizontal/vertical (diagonais, formas livres) aumentam a complexidade do produto, transformando a figura estática em dinâmica e em desequilíbrio. Os contrastes são adequados para elevar a complexidade de um produto. Esses podem ser produzidos mediante o emprego simultâneo de formas grandes e pequenas, superfícies lisas e rugosas, cores ativas e passivas, etc.
Forma	A forma pode ser espacial (forma tridimensional de um produto) ou plana (obtida pela projeção de um produto sobre um plano, sendo determinada pelo seu contorno).
Superfície	A natureza da superfície depende da escolha dos materiais. Pode ser brilhante, fosca, polida ou rugosa, e pode produzir sensações de limpeza, calor, frio, etc. Por exemplo, os produtos industriais com superfície polidas, reluzentes e sem falhas lhe sugerem ordem, limpeza e perfeição das suas características de uso.
Cor	Elemento essencial de um produto, sendo empregada para criar contrastes e indicada para atingir a psique do usuário do produto.

Quadro 76 - Variáveis estéticas de um produto (baseado em LÖBACH, 2001)

foram dispostos no mesmo sentido, constatando-se uma homogeneidade aparente. Por outro lado, todas as janelas do protótipo apresentam alta complexidade em função do elevado número de componentes, tais como pinázios, vidros, grades e folhas. Entretanto, a simetria das janelas resulta em maior ordenação horizontal/vertical e, conseqüentemente, menor esforço perceptivo.

Desempenho econômico (manutenção)

As variáveis econômicas para manutenção das esquadrias estão associadas ao custo de limpeza e reposição de peças. Para as janelas, o custo de limpeza interna e externa pode estar relacionado ao tempo necessário para a manutenção, à quantidade e dimensão dos panos de vidro, e à posição da janela na

parede. Por outro lado, quanto menor a quantidade de componentes e ferragens, mais econômicas serão a manutenção e a reposição de peças. As esquadrias com sistemas funcionais muito complexos podem exigir mão-de-obra especializada para sua manutenção preventiva, o que pode ocasionar custos elevados para manutenção corretiva.

Tanto as portas como as janelas do protótipo são dotadas de ferragens simples, o que pode amenizar o custo de manutenção para reposição de peças. Porém, pelo elevado número de componentes e vidros das janelas, o custo de manutenção, para conservação e limpeza, poderá ser maior em comparação com janelas com menos folhas e quadros sem pinázios.

Exigências de interesse ecológico

As variáveis de interesse ecológico estão vinculadas à matéria-prima e materiais menos impactantes. Ampliando essa ótica, o projeto das esquadrias pode ter como diretriz a busca de soluções técnicas e funcionais mais sustentáveis, visando economia de energia elétrica, transporte, mão-de-obra local, etc.

As esquadrias em madeira do protótipo podem ser consideradas como produtos elaborados com matéria-prima sustentável, pois o eucalipto é oriundo de reflorestamento. O tipo de secagem natural da madeira gerou economia de energia elétrica, assim como a inexistência de preservativos químicos e tratamento superficial de proteção, com produtos menos impactantes, agregaram valor ecológico a essas esquadrias. A fábrica que confeccionou as esquadrias

está situada a menos de 100 km da obra e utilizou mão-de-obra local, o que complementa a caracterização social de sustentabilidade.

8.5.12 Análise das variáveis técnicas das esquadrias

As principais variáveis técnicas diretamente relacionadas com a qualidade de uma esquadria estão descritas no Quadro 77.

Legislação

Os instrumentos legais que incidem sobre o projeto das edificações especificam dimensões e requisitos mínimos, como parâmetros de segurança e habitabilidade (SILVA, 1982). Esses instrumentos, por meio de códigos de edificações e normas técnicas, solidificam a qualificação das edificações, pois disciplinam regras gerais e específicas a serem obedecidas nos projetos, nas construções, na utilização e na manutenção das edificações (YAZIGI, 1997).

Código de edificações

Uma avaliação legal das portas do protótipo está descrita no Quadro 78, que sintetiza algumas exigências da legislação municipal e da norma sobre acessibilidade, comparando com os dados obtidos, constatando-se que somente a porta P1 não atende às exigências da legislação, que determina para a porta principal largura mínima de 90 cm. Na porta P3, faltou 1 cm na largura do vão (79 cm) para atender à legislação, e na porta P5 o vão livre atende à legislação municipal, porém se apresenta 2 cm menor com relação ao estabelecido na norma.

CONTEÚDO DE ORDEM	VARIÁVEIS TÉCNICAS	DESCRIÇÃO	
TÉCNICA	LEGISLAÇÃO Regras de dimensionamento	Código de obra	
		Normas técnicas	
	PROCESSO DE PROJETO	Projetista / designer	
		Procedimentos de projeto	
		Representação gráfica / descritiva / protótipo	
	PROCESSO DE FABRICAÇÃO	Padronizado / sob medida	
		Máquinas / ferramentas	
		Controle de qualidade	
		Mão-de-obra	
		Custo	
	PROCESSO DE INSTALAÇÃO	INTERFACE	Esquadria x laterais
			Esquadria x peitoril
			Esquadria x verga
		POSIÇÃO NA PAREDE	Com ou sem gola
			Face interna / centralizada / igual espessura parede
		FORMAS DE FIXAÇÃO	Taco de madeira com parafuso
			Contramarco com parafuso
			Bucha e parafuso
			Poliuretano expansível
		ARREMATE	Acabamentos internos e externos / limpeza

Dependência	Portas do protótipo		Previsto no Código de Edificações LC nº 284		NBR 9050 (ABNT, 1994) Requisitos mín.	
	Código	Dimensões (vão entre marcos)		Dimensões (vão entre marcos)		Largura (m) (vão entre marcos)
		Largura (m)	Altura (m)	Largura (m)	Altura (m)	
Sala / Cozinha	P1	0,81	2,07	0,90	2,00	0,80
	P2	0,86	2,07	0,80	2,00	0,80
Dormitório 1	P3	0,79	2,07	0,80	2,00	0,80
Dormitório 2	P4	0,81	2,07	0,80	2,00	0,80
Sanitário	P5	0,78	2,07	0,60	2,00	0,80

Quadro 78 - Exigências legais em comparação com as portas do protótipo

Normas técnicas

As exigências das normas técnicas sobre esquadrias dão suporte a diversas necessidades de projetistas e fabricantes. Os parâmetros, definidos pela norma NBR 10821 (ABNT, 2000b), por exemplo, garantem que as funções básicas de resistência mecânica, durabilidade, estanqueidade à água, controle de luz e ventilação de uma janela sejam obtidas independentemente da matéria-prima. A norma técnica NBR 9050 (ABNT, 1994) determina parâmetros que devem ser utilizados nos projetos de portas e janelas para atender à acessibilidade de usuários portadores de deficiências. Porém, ainda não existem normas para todas as variáveis que intervêm num projeto de esquadria, como, por exemplo, normas sobre vedação e acessórios.

As esquadrias do protótipo atendem parcialmente às exigências das normas técnicas brasileiras

e da legislação municipal de Porto Alegre, provavelmente pela inexistência de um projeto específico e detalhado das esquadrias, em função de o contato com o fabricante ocorrer após a colocação do telhado, isto é, os vãos já estavam definidos, e da deficiência na troca de informações entre cliente e fabricante ou vice-versa.

Processo de projeto

Projeto pode ser considerado uma atividade que produz uma descrição de algo que ainda não existe, porém capaz de viabilizar a construção desse artefato em criação. Porém, a maioria dos projetos não tem conteúdo inovador, são pequenas melhorias, que vão se agregando aos produtos (NAVEIRO; OLIVEIRA, 2001). Segundo os mesmos autores, as atividades de projetar são realizadas exigindo do profissional, além da especialidade, conhecimentos sobre ergonomia, forma geométrica, materiais, custos,

processo produtivo, simulação, dimensionamento e testes. Exigem, também, uma visão mais abrangente, incorporando fatores como ciclo de vida, manutenção, confiança e qualidade do produto.

Um projeto de esquadrias residenciais em madeira pode ocorrer em duas situações distintas. Na primeira situação (objeto desta pesquisa), o projeto de esquadrias pode ser considerado externo à fábrica, pois está relacionado com as informações do projetista da edificação ao fabricante. Esse projeto pode ser constituído de desenhos (representação gráfica) e informações escritas (memoriais descritivos). A segunda situação está relacionada com as informações do setor de projetos da fábrica destinado à produção. O projeto para produção pode ser constituído de de-

senhos individualizados dos perfis e dos conjuntos (quadro, marco, alizar) separadamente. Esse tipo de projeto geralmente é utilizado quando se pretende produzir esquadrias padronizadas e em série. Para que ocorra uma padronização no processo de produção, o setor de projetos das fábricas observa alguns requisitos, descritos no Quadro 79.

Dificilmente os profissionais das edificações elaboram projetos de esquadrias com todas as informações necessárias para a produção³⁵. As principais deficiências de informação estão relacionadas às características do projeto arquitetônico (orientação solar, beirais, dependências), aos detalhes da obra (dimensionamento de vãos em osso cotados, se terá contramarco, características dos materiais de

REQUISITOS PARA ELABORAÇÃO DE PRODUTO		
POSSIBILITAR	FACILITAR	CONSIDERAR
Fabricação em série Fabricação simples Montagem fácil Colocação de acessórios Redução dos ruídos de regulação Simplicidade de limpeza Construção estável Diminuição do peso total	Intercâmbio de elementos Transporte e despacho Capacidade de manobra	Possibilidades de armazenagem Custos dos materiais Custos de fabricação Condições de higiene Cores adequadas Funções mais evidentes Acessórios que estorvem Segurança de funcionamento

Quadro 79 - Requisitos para elaboração de produto (baseado em LÖBACH, 2001)

³⁵ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002 com profissional de cognome Pandeiro.

interface e sistemas de fixação) e às características das esquadrias (dimensionamento, funcionamento, quantidade, largura e espessura dos perfis, se terá tela, grade, etc.)³⁶. Os principais erros de informação dos projetos podem estar relacionados com as características da esquadria (dimensionamento de peças, tipo de madeira inadequado para o local de instalação, folhas com dimensões muito acima do ideal, etc.) e com a obra (vãos com dimensões acima do ideal, vãos estreitos, definição tardia sobre o uso de persiana, pouca espessura de alvenaria, falta de gola, espessura do contrapiso insuficiente para a soleira, pouca diferença de nível entre o piso interno e o piso externo nas sacadas, caimento errado no piso das sacadas, etc.)³⁷.

Esses erros, muitas vezes, ocorrem pela falta de projeto específico para a obra e para a fabricação. Por exemplo, para uma porta o arquiteto dimensiona o vão de 80 cm x 210 cm; o fabricante lê 86 cm x 213 cm; e o mestre-de-obras executa 90 cm x 215 cm³⁸. Muitas dessas deficiências poderiam ser sanadas se o profissional fizesse consultas com os fabricantes antes de concluir o projeto, podendo, assim, reduzir o custo final para o cliente.

De acordo com o responsável pelo protótipo foi elaborada a representação gráfica somente do dimensionamento dos vãos, entretanto não foi elaborado um projeto de detalhamento das esquadrias, embora existissem memoriais descritivos de outros projetos semelhantes (Projeto Casa Alvorada e Projeto Nova Hartz)³⁹. O projeto de produção das esquadrias do protótipo e seus perfis seguiram os padrões específicos da fábrica, atendendo às requisições do contratante, tais como a matéria-prima com isenção de preservativos, as funcionalidades e a instalação de grades internas⁴⁰.

Dimensionamento

Apesar de o projeto arquitetônico do protótipo prever todas as portas com vão luz de 80 cm, constatou-se que as larguras das folhas das portas apresentaram dimensões diferentes em função das larguras variadas dos vãos. As larguras dos marcos das portas apresentam dimensões iguais, exceto o marco da porta P5, que é mais largo, em função do revestimento interno de azulejo do sanitário. A padronização dimensional das janelas pode ser verificada nos vãos adotados para as janelas J1, J3 e J4 e entre as janelas J6 e J7.

³⁶ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002 com profissionais de cognome Oboé, Harpa e Piano.

³⁷ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002 com profissionais de cognome Oboé, Harpa e Piano.

³⁸ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002 com profissional de cognome Piano.

³⁹ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003 com profissional de cognome Banjo.

⁴⁰ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003 com profissional de cognome Clarineta.

Representação gráfica

Uma das linguagens utilizadas para representar os aspectos particulares do projeto das esquadrias é a gráfica, isto é, os esboços, desenhos em perspectiva e desenhos técnicos (NAVEIRO; OLIVEIRA, 2001). Segundo Borges (2001), as representações gráficas são baseadas no conceito de projetividade, que pressupõe a existência de três elementos: o centro de projeção, que representa a posição ou o ponto de vista do observador; o objeto a ser representado; e um plano, onde se realiza a projeção.

A representação gráfica é uma variável do projeto de esquadrias em madeira que pode trazer informações necessárias à compreensão dos elementos da esquadria. Deveria conter vista interna, vista externa, planta baixa, cortes e detalhes especiais. O sentido de movimento poderá ser demonstrado através de linha contínua, se a esquadria estiver desenhada na vista interna, e em linha tracejada, se a esquadria estiver desenhada na vista externa (ICE, 1988a).

Uma forma de representação gráfica de um projeto de esquadrias poderia ser por meio de uma planilha. Segundo Santiago (1996), essa planilha poderia auxiliar o construtor e o fabricante, contendo informações como: numeração (código) da esquadria; quantidade de cada tipo de esquadria; local onde a esquadria será colocada; características funcionais da esquadria; características dos materiais de interface com a esquadria (pingadeira, soleira); características do vidro ou material transparente; características do marco e guarnições; características do caixilho; tipo da madeira; características das ferragens com referências; acabamento da esquadria; desenho da esquadria.

Como complementação dessa planilha poderiam ser fornecidos ao fabricante das esquadrias alguns documentos, que podem auxiliar na compreensão das características da edificação. Podem ser: planta baixa; cortes; fachadas; perspectivas; fotografias; etc. A planta baixa da edificação pode ser esquemática e em escala reduzida (1:100; 1:150; 1:200), desde que as informações sejam legíveis. Mas é importante indicar o código de localização das esquadrias (por exemplo, P1, P2, J1, J2, etc.); orientação solar (norte); projeção do beiral; descrição das dependências; área das dependências; esquadrias em projeção (quando houver esquadrias acima do nível de corte da planta baixa); e demais informações que sejam necessárias à produção e à instalação.

Memorial descritivo

Outra linguagem utilizada para representar os aspectos particulares do projeto das esquadrias é a semântica, isto é, a descrição verbal ou textual do objeto (NAVEIRO; OLIVEIRA, 2001). Essa variável do projeto pode ser representada por planilhas de memoriais descritivos contendo informações sucintas e objetivas. Deve permitir a especificação dos materiais, com suas características importantes, para a produção e instalação das esquadrias.

Complementando a representação gráfica, o memorial descritivo fornece, além das características da esquadria, informações sobre as características técnicas da edificação, onde será fixada a esquadria, as dimensões dos vãos existentes na obra sem os acabamentos, materiais internos e externos de interface, tais como pingadeira, revestimentos e vergas, e o tipo

de acabamento superficial previsto para a esquadria. A importância da informação escrita no projeto é tão primordial quanto o projeto gráfico (SCARDOELLI et al., 1994). A fábrica que confeccionou as esquadrias do protótipo não solicitou nem recebeu qualquer documento escrito que descrevesse as características da obra e das esquadrias.

Processo de fabricação

As principais variáveis do processo de fabricação das esquadrias estão relacionadas ao processo de produção, incluindo máquinas, mão-de-obra e tempo para produção de cada tipo de esquadria, ao controle de qualidade, às perdas de material e ao custo de produção. Após a retirada do depósito de armazenagem, a prancha de madeira, bruta e seca, segue o processo de produção artesanal, que pode ser dividido em quatro etapas básicas⁴¹. São elas:

- a) máquinas I (corte, desempenho e aplainamento), resultando em madeira aparelhada;
- b) máquinas II (rebaixos, espigas, furos, rasgos), resultando em perfis lixados e prontos;
- c) pré-montagem (colagem, prensa), resultando em componentes prontos; e
- d) montagem (execução dos marcos, colocação das ferragens, montagem geral), resultando na esquadria pronta.

Após a montagem, a esquadria é testada e recebe o travamento dos marcos e folhas, para a armazenagem e transporte. O processo de produção artesanal adotado pela fábrica que confeccionou as esquadrias do protótipo teve as seguintes etapas: desdobro em pranchas; secagem da madeira; pré-corte; corte final; desempenamento; aplainamento; fresamento; furação; lixamento; pré-montagem; colocação de ferragens; montagem; travamento; e inspeção⁴².

Independentemente dos modelos ou características funcionais das esquadrias em madeira, para sua produção são empregadas, no mínimo, 11 máquinas diferentes⁴³.

Porém, o tempo de produção varia conforme as características de cada esquadria. Para as esquadrias do protótipo, o tempo de produção não foi quantificado, porém a estimativa de tempo pode ser determinada em função da área de esquadria por homem, variando de 2,5 m²/h a 3,5 m²/h para um dia de trabalho⁴⁴.

Custo de produção

De acordo com Della Noce et al. (1998), as etapas de produção das esquadrias em madeira representam 50% do custo total; a matéria-prima representa 29%; e as ferragens, os acessórios e outros custos representam 21%. Mas esse percentual varia

⁴¹ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002 com profissional de cognome Piano.

⁴² Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003 com profissional de cognome Clarineta.

⁴³ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002 com profissional de cognome Harpa.

⁴⁴ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003 com profissional de cognome Clarineta.

conforme o tipo, dimensões e desenho da esquadria. Por exemplo, o acréscimo no custo de produção de esquadria com folha subdividida com pinázios (quadriculado) pode atingir de 10% a 25% em comparação com a de folhas simples (somente o quadro)⁴⁵.

A fábrica efetuou o orçamento de dez esquadrias e, após a execução delas, confeccionou mais duas, totalizando 5 portas e 7 janelas. O orçamento, após visita ao local da obra, incluiu ferragens e instalação, conforme os padrões da fábrica⁴⁶. O Quadro 80 descreve o preço de cada esquadria, porém são constatadas algumas divergências e questões relativas ao preço, tais como:

a) ocorreu diferença de preço entre as janelas J1 e J3 (idênticas), porém contratadas separadamente;

b) cobrou-se preço menor da janela J4 em comparação com a janela J1, embora a primeira apresente maior quantidade de matéria-prima e ferragens;

c) o preço total das 7 janelas (1,697 CUB/RS) correspondeu a 61% do preço total das esquadrias, enquanto o preço das 5 portas correspondeu a 39%;

Dependência	Preço das janelas do protótipo			Preço das portas do protótipo		
	Código	R\$	CUB/RS (jan.)	Código	R\$	CUB/RS (jan.)
Sala/Cozinha	J1	203,83	0,3116	P1	156,55	0,2393
	J2	159,60	0,2440			
	J6	100,28	0,1533	P2	122,60	0,1874
Dormitório 1	J3	248,83	0,3804	P3	142,26	0,2175
	J7	144,54	0,2210			
Dormitório 2	J4	180,83	0,2764	P4	142,26	0,2175
Sanitário	J5	72,57	0,1109	P5	142,26	0,2175
TOTAL		R\$ 1.110,48	1,697 CUB/RS	TOTAL	R\$ 705,93	1,079 CUB/RS
TOTAL GERAL: R\$ 1.816,41 = ~ 2,77 CUB/RS						

Quadro 80 - Relação de preços das esquadrias do protótipo⁴⁷

⁴⁵ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002 com profissional de cognome Pandeiro.

⁴⁶ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003 com profissional de cognome Clarineta.

⁴⁷ Dados: obtidos através da nota fiscal; 1,00 CUB/RS jan. 2003 = R\$ 654,01 (fonte: Jornal do CREA-RS Ano XXIX nº 5 set. 2003).

d) o preço total das esquadrias (2,77 CUB/RS) apresentou-se 20% menor que o orçamento elaborado no Projeto Casa Alvorada (3,46 CUB/RS) (SATTLER et al., 1999).

O controle ocorre na chegada da madeira, quando são separadas as peças brutas em largura, comprimento, espessura e tonalidade, para permanecer em estoque durante seis meses. Outro controle ocorre quando a madeira bruta vai para a plaina moldureira, que é onde se consegue ver as quatro faces da peça. Em cada etapa no processo de produção existe um controle de qualidade⁴⁸. Entretanto, o controle de qualidade depende da qualificação da mão-de-obra, pois a falha humana pode acontecer em qualquer etapa do processo. A mão-de-obra que trabalha com esquadrias artesanais em madeira necessita, no mínimo, de oito anos de experiência para minimizar erros de produção e possibilidades de acidente⁴⁹.

O controle de qualidade adotado na produção das esquadrias do protótipo foi visual, com medição por trena. A qualificação da mão-de-obra pode ser considerada uma das únicas deficiências na produção de esquadrias em madeira⁵⁰.

Resíduos

As perdas com resíduos na produção das esquadrias em madeira variam de 40% a 50%, o que praticamente duplica o custo da matéria-prima adquirida em pranchas brutas⁵¹. A geração de resíduos de material ocorre no corte e aplainamento das pranchas. A serragem é vendida para as olarias ou doada para produtores de aves. Entretanto, os retalhos curtos, finos ou estreitos podem ser aproveitados como baguete, palheta de veneziana ou miolo para porta semioca⁵².

Transporte e armazenagem

Para o transporte das esquadrias em madeira, as folhas devem ser travadas, e os fechos, protegidos. Devem ser estocadas na vertical, sobre piso nivelado, em ambientes protegidos das intempéries, sem proximidade de fontes de calor ou de outros materiais de construção que possam prejudicar o acabamento final da madeira, tais como óleos, cimento, cal, tintas e outros materiais comumente encontrados nas obras (ABCI, 1991). Ohnuma et al. (1998) acrescentam, ainda, que as janelas não devem permanecer por muito tempo nas obras e que seja aplicada uma demão de verniz fosco (dependendo da espécie da

⁴⁸ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002 com profissional de cognome Harpa.

⁴⁹ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002 com profissional de cognome Piano.

⁵⁰ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003 com profissional de cognome Clarineta.

⁵¹ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003 com profissional de cognome Flauta.

⁵² Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002 com profissional de cognome Piano.

madeira), para proteger a madeira; e para maior proteção e durabilidade às esquadrias, estas devem estar embaladas.

As esquadrias do protótipo foram transportadas por aproximadamente 80 km e instaladas no mesmo dia⁵³, não permanecendo estocadas na obra.

Embalagem contendo etiquetas e manuais

As principais características de uma embalagem, segundo Acar Filho (1997), são proteger adequadamente o produto, ser econômica e não agredir o meio ambiente, quando de seu descarte. As embalagens devem seguir as normas construtivas do país ou do mercado a que se destinam, nos aspectos relativos à segurança, manuseio e empilhamento (MORAES, 1999). De acordo com a norma NBR 10821 (ABNT, 2000b), cabe ao fabricante de esquadrias informar, por meio de catálogos ou etiquetas (fixadas no caixilho), o número da norma, a pressão máxima de carga de vento a que o caixilho resiste e as classes de utilização de estanqueidade à água e ao ar. Ohnuma et al. (1998) acrescentam que as etiquetas podem conter informações sobre o tipo, modelo, acabamento, medidas, data de fabricação e altura (em pavimentos) máxima de instalação no prédio.

Além disso, as garantias e manuais de uso e manutenção das esquadrias devem estar disponíveis aos usuários, estabelecendo critérios para inspeção dos

materiais. Esses documentos complementares devem ser desenvolvidos com base nas normas técnicas, na bibliografia pertinente ao assunto e na experiência dos fabricantes (SOUZA; MEKBEKIAN, 1996). A fábrica das esquadrias do protótipo não forneceu manuais de uso e manutenção, porém a garantia de funcionalidade e instalação é de 5 anos⁵⁴.

Processo de projeto

Os procedimentos corretos de instalação de esquadrias são fundamentais para se obter o bom funcionamento desses componentes, com nível de desempenho adequado (ABCI, 1991). De acordo com Iizuka e Hachich (2002), os processos de instalação das esquadrias continuam vinculados aos métodos construtivos tradicionais, mas a técnica correta de instalação das esquadrias exige: o correto posicionamento e alinhamento da esquadria; a garantia dimensional do vão na alvenaria para a instalação da esquadria; a qualidade da fixação e vedação na interface da esquadria e alvenaria; e a preservação funcional e estética da esquadria no decorrer da obra.

O procedimento de contratação da produção das esquadrias do protótipo ocorreu durante a execução da obra, buscando-se no mercado fabricantes de esquadrias que utilizassem como matéria-prima madeira de eucalipto. Contatou-se apenas uma fábrica para que fosse feito o orçamento das esquadrias,

⁵³ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003 com profissional de cognome Clarineta.

⁵⁴ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003 com profissional de cognome Clarineta.

de acordo com seus padrões de produção, considerando a utilização de madeira sem tratamento com preservativos, a funcionalidade das portas, conforme planta baixa, e maximizar para as janelas, com a colocação de grade interna⁵⁵.

No projeto arquitetônico, incluir as golas de alvenaria, como interface das esquadrias, melhora o acabamento e pode evitar ajustes dos alizares laterais. A inexistência de gola nas portas P1, P2 e P4 do protótipo propiciou o recorte longitudinal nos alizares laterais. Os vãos destinados à instalação das esquadrias do protótipo apresentaram diferenças

de dimensões, conforme o Quadro 81, além de ângulos internos não ortogonais.

O sistema de instalação das esquadrias do protótipo, por opção do fabricante, foi o uso de espuma de poliuretano, sem parafusos. Porém, a inexistência de parafusos nesse sistema de instalação poderá ocasionar o emperramento das folhas das portas junto ao piso, devido ao peso das folhas e pela movimentação das ombreiras dos marcos e das folhas da janela J4, visto que a verga do marco não foi fixada com parafusos.

Dependência	Janelas do protótipo			Portas do protótipo		
	Código	Dimensões dos vãos		Código	Dimensões dos vãos	
		Largura (m)	Altura (m)		Largura (m)	Altura (m)
Sala/Cozinha	J1	1,225	1,22	P1	0,895	2,125
	J2	1,16	0,95			
	J6	1,55	52,5	P2	0,94	2,125
Dormitório 1	J3	1,23	1,225	P3	0,88	2,125
	J7	1,555	0,505			
Dormitório 2	J4	1,23	1,235	P4	0,88	2,125
Sanitário	J5	0,845	0,44	P5	0,88	2,125

Quadro 81 - Dimensão dos vãos para instalação das esquadrias

⁵⁵ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003 com profissional de cognome Banjo.

8.5.13 Considerações finais

Sobre o mapa contextual

A elaboração do mapa contextual de variáveis utilizado como suporte para a estruturação do trabalho resultou em algumas constatações:

a) o mapa reuniu uma síntese de variáveis pre-julgadas como as mais significativas. Para cada variável descrita, ele possibilitou identificar outras que intervêm nos processos e, conseqüentemente, na otimização do projeto das esquadrias;

b) ocorreu ampliação dos enfoques, comumente adotados nos projetos, bibliografias e códigos de edificações, específicos sobre esse tema, nos quais são estabelecidas diretrizes básicas funcionais, como ventilação, iluminação e dimensionamento;

c) uma das dificuldades para a tomada de decisões na otimização dos projetos de esquadrias pode resultar do inter-relacionamento das variáveis, pois cada uma está vinculada a outros fatores e, conseqüentemente, aos diversos elementos das esquadrias;

d) cada variável apresenta pesos diferenciados para a tomada de decisões, não delimitando as opções de projeto. Entretanto, o conhecimento dessas variáveis é imprescindível para atender às exigências de cada projeto específico;

e) esse mapa elucidou o amplo conjunto de variáveis que projetistas devem considerar em seus projetos, podendo ser considerado como

um suporte preliminar, mas básico para a otimização dos projetos de esquadrias residenciais em madeira; e

f) o mapa, redesenhado através de quadros, facilitou a sistematização de análise do estudo de caso e favoreceu a elaboração dos memoriais descritivos - ilustrados em apêndice da dissertação de Fernandes (2004) -, que também adotaram a forma de quadro, contendo informações claras e objetivas.

Sobre o estudo de caso

O estudo de caso, utilizado como uma amostra para exemplificação da pesquisa, teve uma função primordial na verificação das variáveis consideradas e, conseqüentemente, na avaliação das deficiências e vantagens adotadas na produção das esquadrias.

Na proposição de soluções e ao detectar dificuldades no reprojeto das esquadrias, Fernandes (2004) necessitou adotar algumas diretrizes e optar por alternativas de forma unilateral, resultando em soluções de projeto que necessitam ser aperfeiçoadas. As alternativas de aprimoramento podem estar vinculadas ao emprego de esquadrias com mais de uma característica funcional e obter áreas adequadas de iluminação e ventilação, com segurança e proteção contra insetos, porém com baixo custo e reduzido número de perfis. A redução do número de perfis das esquadrias, para reduzir o custo de produção, não ocorre quando se adota mais de uma funcionalidade para uma mesma esquadria.

O custo inicial mais baixo de acessórios, ferra-

gens, pinturas, componentes e dimensões mínimas das esquadrias pode não ser a melhor alternativa de projeto, pois é necessário analisar a economia gerada em médio prazo, confrontando gastos com energia elétrica e manutenções preventivas e corretivas. Apesar do custo baixo das peças de vidro, constatou-se a viabilidade de se dimensionarem as janelas, tendo como princípio o emprego de peças de vidro sem perda na chapa. Entretanto, esse procedimento só será vantajoso para a produção em grande escala, visto que as vidraçarias ainda quantificam seus preços por dimensões múltiplas de 5 cm.

Os aprimoramentos adotados no reprojeto, tais como emprego de tintas com alto desempenho, porém com reduzidos elementos poluentes e tóxicos, pintura das esquadrias elaborada em ambiente fabril, substituição dos pregos por parafusos e adoção de marcos ajustáveis, poderão gerar produtos mais duráveis, flexíveis e econômicos em médio e longo prazos.

Mediante essa pesquisa, conclui-se que os projetistas de edificações residenciais têm um papel fundamental na otimização das esquadrias em madeira, na medida em que começarem a dominar os intervenientes desse componente, estabelecendo regras e orientações imprescindíveis aos fabricantes e construtores. Para isso ocorrer, é de fundamental importância que os projetistas procedam:

- a) à valorização adequada a esse projeto específico;
- b) à prática de estabelecer contato inicial com os fabricantes antes da elaboração do projeto executivo; e

- c) ao fornecimento de informações detalhadas ao fabricante sobre o projeto, materiais, sistemas de vedação, sistemas funcionais e processos de instalação.

Outras considerações

Para a madeira continuar sendo empregada na confecção de esquadrias, torna-se primordial a racionalização de todo o processo de produção, para se atingir uma qualidade competitiva com as demais matérias-primas. A madeira oriunda de matas nativas está sendo paulatinamente protegida pela legislação, deixando como opção futura às fábricas de esquadrias a utilização de madeiras de reflorestamento. Porém, será necessário gerar políticas públicas para uso múltiplo de florestas plantadas e incentivar a produção de reflorestamentos de outras espécies de árvores, como, por exemplo, a teca (*Tectona grandis*), de densidade 0,65 g/cm³, madeira com excelentes propriedades físicas e mecânicas, a fim de viabilizar seu emprego e agregar valor ao produto e ao ambiente construído.

Para se desenvolverem projetos padrão de esquadrias residenciais em madeira, seria necessário ocorrer uma integração de vários especialistas em diversas áreas do conhecimento, incluindo, no mínimo, arquiteto, desenhista industrial, especialista em ergonomia, engenheiro florestal, engenheiros civil, químico e de produção, construtor e fabricante de esquadrias. Porém, o resultado desses projetos não poderia ser padronizado para todo o Brasil em função da variabilidade climática, do meio ambiente e, conseqüentemente, das tipologias arquitetônicas.

A falta de informações, estudos, pesquisas e normas sobre os limites dimensionais das esquadrias relacionados às características funcionais faz com que os profissionais repassem sua responsabilidade de projeto às fábricas de esquadrias. O projeto das esquadrias em madeira carece, ainda, de estudos e normas sobre acessórios e ferragens vinculados à acessibilidade e ergonomia. Os códigos de edificação municipais estabelecem valores mínimos para a dimensão das esquadrias, porém outros aspectos e exigências poderiam ser disponibilizados nas normas, códigos e manuais, tais como a característica funcional de cada esquadria associada aos equipamentos e mobiliário, de cada dependência, e a posição do comando das esquadrias, relacionada à acessibilidade.

8.6 Captação de água de chuva

8.6.1 Introdução

Apesar de o projeto do Protótipo Casa Alvorada contar com especificações para o sistema de captação e aproveitamento de água da chuva, Mano (2004) realizou, em sua dissertação de mestrado, um dimensionamento independente, baseado na fundamentação fornecida pelo referencial bibliográfico, na direção de uma especificação ideal.

Assim, o dimensionamento do reservatório foi orientado para se obter a máxima cobertura temporal possível, buscando, ao mesmo tempo, minimizar o seu volume, sempre tendo presente que não se pretendia que a água da chuva coletada cobrisse o consumo total da edificação e que ela fosse a única fonte

de suprimento de água para o edifício. Foi realizado um cálculo da otimização do reservatório de modo a subsidiar decisões técnicas, mas com consideração simultânea de aspectos econômicos.

O estudo foi realizado considerando que o uso da água da chuva ocorreria somente para uso no vaso sanitário, por ser o ponto hidráulico que oferece menos risco de utilização potável eventual, além de não envolver questões de legislação e regulação da adequabilidade, como, ainda, por sua expressiva contribuição no consumo total. O vaso sanitário não requer a utilização de água potável, além de representar um elevado consumo. O uso dado à água requer baixo nível de tratamento, dispensando, assim, o rigoroso tratamento que a água fornecida pela rede recebe. Outros pontos como a torneira de jardim e o tanque, por exemplo, foram, também, considerados aptos para ser abastecidos pela água coletada, porém o risco de um usuário utilizá-la para beber foi considerado elevado.

Para o estudo realizado por Mano (2004), foram utilizados os valores de consumo doméstico de água apresentados por UFRGS (1998), por serem representativos do consumo em Porto Alegre, além de se situarem dentro dos patamares apresentados por diversos autores por ele revisados em sua dissertação de mestrado.

8.6.2 Definição de demandas

A demanda diária de água é regulada pelo Código de Edificações de Porto Alegre na Lei Complementar nº 284 (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 1992), conforme o Quadro 82.

PADRÕES PARA DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE CONSUMO		
OCUPAÇÃO	CONSUMO DIÁRIO	CÁLCULO DA POUPANÇA
Residencial	200 L / pessoa	2 pessoas / dormitório até 12,00 m ² 3 pessoas / dormitório acima de 12,00 m ²
Locais para prestação de serviços profissionais ou condução de negócios	50 L / pessoa	1 pessoa a cada 7,00 m ² de sala
Demais ocupações	Conforme legislação específica	

Quadro 82 - Dimensionamento do reservatório de consumo (baseado em PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 1992)

Aplicando o Quadro 82 à edificação e considerando uma população de quatro pessoas e os dados de distribuição de UFRGS (1998), conclui-se que 32% do consumo diário se destina às descargas dos vasos sanitários. Isso implica um consumo para esse fim de um volume de água da chuva de 64 L por pessoa, totalizando 256 L por dia, considerando, com a média de 30,43 dias por mês, um consumo total de 7.790,2 L por mês.

A edificação em estudo, protótipo Casa Alvorada, possui uma área de projeção horizontal de telhado equivalente a 58,2 m², ficando o potencial de captação média da edificação, sem considerar o coeficiente de escoamento, em 6.162,6 L por mês. O período sem chuva, ou período de seca, é considerado no dimensionamento do reservatório. No caso da edificação estudada, que tem o potencial de captação abaixo do consumo total estimado, esse cálculo se presta a uma estimativa de percentual do abastecimento do reservatório de água da chuva, ou seja, o quanto ele cobrirá da demanda em função de seu dimensionamento.

A quantidade de dias sem chuva pode ser determinada pelo método apresentado por Kobiyama e Hansen (2002), com a observação de que a sua análise é montada sobre uma série parcial, no papel ou gráfico da distribuição de Gumbel. Para tanto, são contados os eventos de dias consecutivos sem chuva, medidos ao longo de doze anos na estação pluviométrica do

446 8.6.3 Dados pluviométricos de Porto Alegre

Todos os dados de pluviometria utilizados neste trabalho são provenientes da Estação Pluviométrica do Departamento de Esgotos Pluviais de Porto Alegre, localizada na avenida Icarai, bairro Cristal. Foram medidos em um pluviômetro mecânico, desde o ano de 1991, ininterruptamente, até 2002, estando disponíveis em DEP (2003). A precipitação mensal média para a cidade de Porto Alegre, calculada sobre esses dados, é de 105,9 mm.

DEP, citada acima. Esses dados foram organizados e apresentados na coluna **DS** do Quadro 83. A coluna **N** traz a quantidade de ocorrências de tais períodos, e a coluna **FA**, o número de frequências absolutas totais. A coluna **T** é o período de retorno de série parcial, calculado a partir da fórmula de Weibull, que é, neste caso, corrigida, sendo dividida pelo número de anos da amostragem. Dessa maneira, a variável reduzida de Gumbel é calculada segundo a equação 1 e representada na coluna **X** do Quadro 83.

$$X = -\ln [-\ln (1 - 1/12T)] \quad (\text{equação 1})$$

Os pontos amostrais não tiveram a tendência de reta no papel de Gumbel, significando que os dias secos não seguem essa lei estatística. Porém, segundo Silveira (2003), isso se torna irrelevante para períodos de retorno curtos, conforme o utilizado por Kobiyama e Hansen (2002), sendo suficiente um ajuste empírico da mesma lei. Para tanto, é realizada a interpolação de uma equação que se ajuste aos pontos amostrais, resultando em um polinômio do segundo grau. É gerada, então, uma estimativa para períodos de retorno entre 1 e 10 anos, usando essa equação não linear da variável de Gumbel **X**, segundo a equação 2. A Figura 326 demonstra tais relações. O coeficiente de determinação que mede o grau de ajuste da função aos dados observados é representado por R^2 e tem seu valor em 0,9941.

$$y = 0,5018x^2 + 1,8145x + 2,9044 \quad (\text{equação 2})$$

DS	N	FA	T	X
1	170	700	0,0835	-1,8798
2	128	530	0,1102	-0,3442
3	95	402	0,1453	0,1601
4	71	307	0,1903	0,5514
5	55	236	0,2475	0,8905
6	36	181	0,3227	1,2084
7	32	149	0,3921	1,4315
8	20	113	0,5170	1,7385
9	19	93	0,6281	1,9496
10	14	74	0,7894	2,1932
11	14	60	0,9736	2,4138
12	14	46	1,2699	2,6901
13	8	32	1,8255	3,0635
14	5	24	2,4340	3,3571
15	3	21	2,7817	3,4928
16	2	16	3,6510	3,7684
17	2	14	4,1726	3,9034
18	2	12	4,8681	4,0590
19	2	10	5,8417	4,2427
20	2	8	7,3021	4,4673
22	2	6	9,7361	4,7565
24	1	5	11,6833	4,9395
27	1	4	14,6042	5,1634
29	1	3	19,4722	5,4518
31	1	2	29,2083	5,8579

Quadro 83 - Análise estatística dos dias secos em Porto Alegre de 1991 a 2002

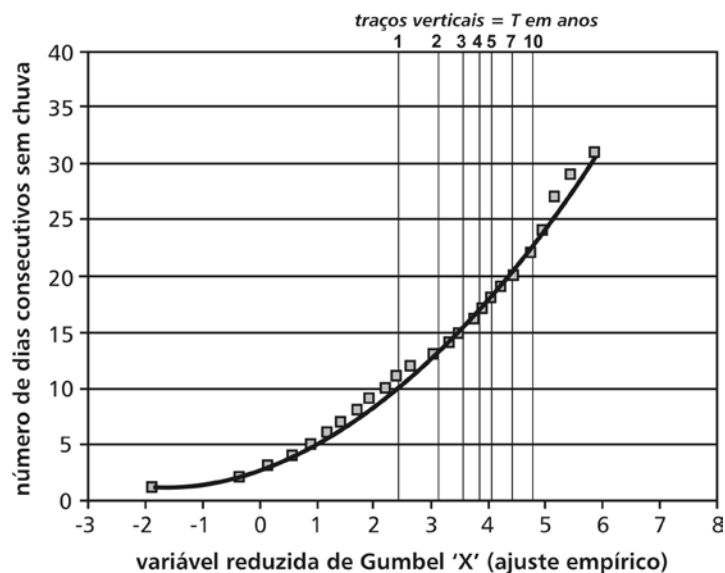


Figura 326 - Quantidade de dias sem chuva na cidade de Porto Alegre, para diferentes períodos de retorno

Os resultados para cálculo do volume do reservatório são assim considerados, segundo os períodos de retorno de 1, 5 e 10 anos, com seus valores de cálculo sendo respectivamente 10,3 dias, 18,7 dias e 23,1 dias.

8.6.4 Cálculo do volume do reservatório

Para os cálculos preliminares de potencial de captação do telhado da edificação, utiliza-se uma média de todas as precipitações anuais, ou dos totais mensais, obtidas em, no mínimo, dez anos, conforme recomendam Kobiyama e Hansen (2002). Em sua pesquisa, Mano (2004) utilizou a média mensal para o cálculo preliminar, pois considerou essa unidade de tempo em todos os demais cálculos.

O potencial de captação do telhado, dado pelo item anterior, deve, então, ser multiplicado pelo coeficiente de escoamento, que, neste caso, fica definido como de 0,85. Utiliza-se esse valor de coeficiente porque, além ser o valor recomendado por Ruskin (2001), se situa exatamente na faixa dos números apresentados por outros autores, ficando também um pouco acima do recomendado por Bernat, Courcier e Sabourin (1993), para telhas de barro no árido brasileiro, que é seco, apresentando maior evaporação.

Tem-se, do estudo experimental, para potencial real de captação do telhado da edificação **o volume de 5.238,2 L por mês**, segundo média aritmética. Preliminarmente, tal volume não supre o total da de-

manda para o mesmo período, aproximando-se de 67,2% de sua provisão, devendo ser completado por água da rede.

O volume ótimo do reservatório é calculado mediante a multiplicação do número de dias consecutivos sem chuva pela demanda total, tendo-se como resultado o volume que o reservatório deve ter para atender à cobertura de 67,2% da demanda do ponto de consumo. Conforme visto anteriormente, tem-se números de dias sem chuva para três períodos de retorno diferentes, que, reduzidos a valores inteiros, ficam definidos em 11 dias para 1 ano de período de retorno, 19 dias para 5 anos e 24 dias para ocorrências com frequência provável de 10 anos.

Multiplicando-se a demanda diária por esses números, tem-se:

- a) 2.816 L, para 1 ano de período de retorno;
- b) 4.864 L, para 5 anos de período de retorno; e
- c) 6.164 L, para 10 anos de período de retorno.

Diante de tais valores, em uma análise mais superficial, seria possível concluir que um reservatório que atenda a secas com período de retorno de, por exemplo, 10 anos estaria superdimensionado, considerando que o potencial de captação mensal da edificação é menor que o volume requerido. No entanto, é importante considerar a distribuição das chuvas, a fim de aproximar-se, ao máximo, do ótimo tamanho para o reservatório. As médias mensais são o produto da divisão do total pluviométrico medido pelo número de meses do período de medição. É um número que uniformiza a distribuição dos volumes pluvio-

métricos no tempo, facilitando a sua relação com os números de cálculo do consumo, que possuem uma distribuição uniforme. No entanto, os acúmulos de volume de chuva geram a possibilidade de extravasamento do reservatório por ocasião das diferenças quantitativas entre entradas e saídas d'água nele.

Dessa maneira, cálculos de balanço hídrico que considerem a distribuição das chuvas podem minimizar erros de dimensionamento do reservatório, fornecendo um panorama mais preciso a respeito de seu comportamento. Os pontos de extravasamento e seu volume, em função do consumo e do tamanho do reservatório, são explicitados em análises desse tipo. Oliveira (2003) apresenta um método para determinação da disponibilidade hídrica de um reservatório (Figura 327), que é chamado pelo autor de balanço hídrico seriado, sendo representado pela equação 3.

$$(S_{t+1}) = S_1 + (P \times A) - (Q) - (Ex), \quad (\text{equação 3})$$

onde:

S_{t+1} = total de água disponível no reservatório no dia considerado, em m^3 ;

S_1 = total de água disponível no reservatório no dia anterior, em m^3 ;

P = precipitação acumulada no dia considerado, em mm;

A = área de captação, em m^2 ;

Q = consumo total diário, em m^3 ; e

Ex = água extravasada, em m^3 .

Oliveira (2003) toma um período demonstrativo de 10 dias e aplica a equação acima sobre os dados diários de chuva de Florianópolis, resultando no gráfico da Figura 327. Essa figura apresenta o balanço de um reservatório experimental, de volume reduzido, concebido para fins de pesquisa e dimensionado para atender a uma demanda de 20 L diários, em um período seco de 26 dias, sendo a área de captação de 12 m². Oliveira (2003) objetiva nesse estudo a determinação da relação entre a área de captação e o volume do reservatório, sendo o consumo e o período seco determinados.



Figura 327 - Variação diária do volume do reservatório segundo balanço hídrico seriado (OLIVEIRA, 2003)

Para o estudo realizado, a área de captação deixa de ser uma variável na análise, servindo o balanço hídrico como subsídio a considerações em torno do volume do reservatório em função, principalmente, de seu aspecto econômico. Portanto, uma análise comparativa entre os volumes de reservatórios, que se aproximam o máximo possível dos calculados são apresentados, posteriormente, na análise dos benefícios gerados pelo sistema. Em um apêndice de sua dissertação, Mano (2004) apresenta quadros que contêm partes da planilha utilizada para o cálculo de balanço

hídrico do reservatório de 5.000 L, aplicado ao estudo experimental, sobre dados diários das chuvas de 12 anos, na cidade de Porto Alegre. A partir dessa planilha, desenvolvida em Microsoft Excel, um gráfico ilustrativo do comportamento do reservatório é desenhado e apresentado na íntegra, no mesmo apêndice.

8.6.5 Especificações dos componentes do sistema

Além do reservatório, fazem-se necessários a especificação e o dimensionamento de outros componentes do sistema, que seguirão os padrões de dimensionamento, sendo eles:

- a) seção da calha coletora;
- b) seção do condutor vertical;
- c) volume do sistema de descarte de primeiro fluxo de chuva ou *first-flush diverter*;
- d) seção dos canos de abastecimento;
- e) sistema controlador da entrada de água da rede para o ponto hidráulico do WC; e
- f) base de apoio do reservatório.

Seção da calha coletora

Segundo quadro de seu estudo (MANO, 2004, p.87), a calha para a edificação do estudo experimental fica especificada com seção circular de **14 cm** de diâmetro, ou com área da seção de, no mínimo, **80 cm²**, utilizando-se inclinação de 0,5% para a calha.

Seção do condutor vertical

Macintyre (1996) apresenta três possíveis pa-

râmetros de referência para dimensionamento, tendo sido adotado no estudo aquele que corresponde à maior seção por área de cobertura. A importância de que não haja perdas, para esse caso, é maior do que nos sistemas convencionais de recolhimento d'água. Dessa forma, considerando 1 cm² por metro quadrado de área a esgotar, tem-se para o estudo experimental um cano de seção de 4 polegadas, ou **100 mm**.

Volume do *first-flush diverter*

Aplicando a proporção recomendada por Macomber (2001), foi obtido 0,41 L para cada metro quadrado de telhado. Dessa forma, para esse estudo, ficou estabelecido o volume de **23,78 L**, que, aplicado a um tubo de diâmetro de 100 mm, confere um comprimento de, aproximadamente, **3,03 m**, após a derivação de entrada no reservatório.

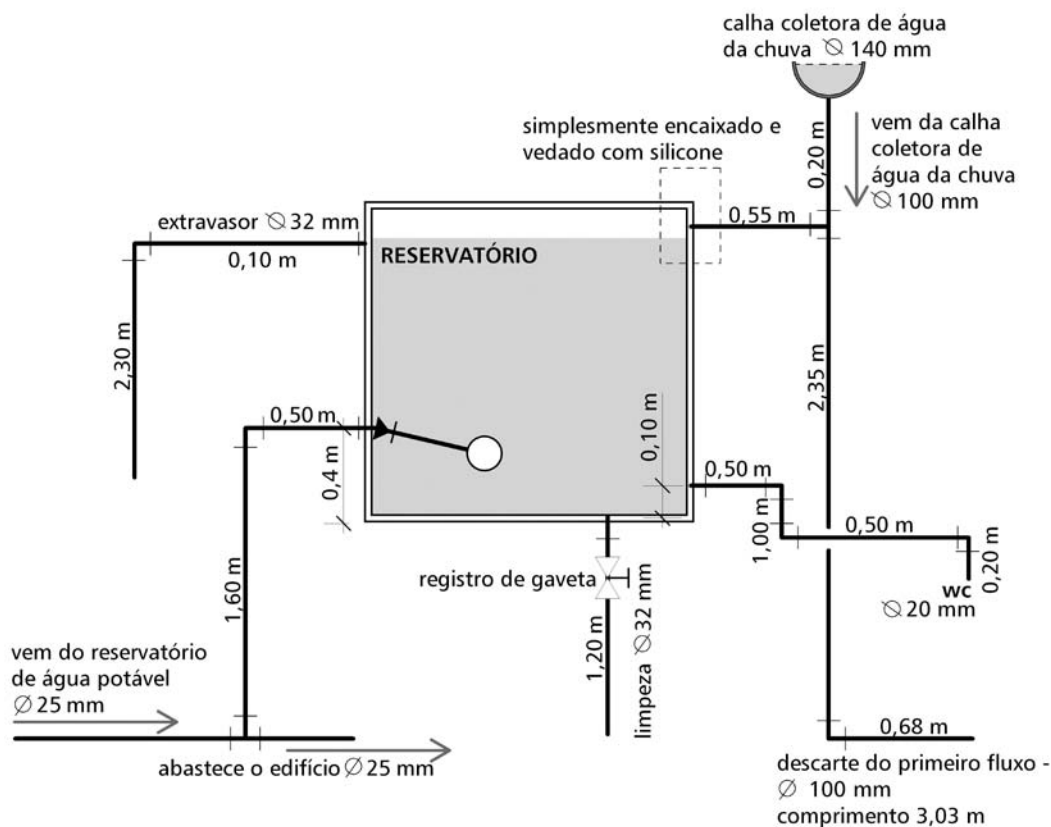


Figura 328 - Esquema das ligações hidráulicas do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva

Seção dos canos de abastecimento

Por abastecer somente o ponto de consumo da caixa de descarga do vaso sanitário, o diâmetro nominal dos canos de distribuição e abastecimento é, desde a saída do reservatório até a conexão com a caixa, de **20 mm**, sendo este também o diâmetro das conexões necessárias para o percurso. Esse dimensionamento baseia-se em Macintyre (1996), que afirma também ser 0,5 m a pressão de trabalho mínima necessária ao abastecimento de caixas de descarga. As seções dos demais canos necessários ao funcionamento do sistema estão expressas no esquema apresentado na Figura 328.

Sistema controlador da entrada de água da rede, para o ponto hidráulico do WC

O sistema se dá, diferentemente do especificado pelos projetos originais, através de uma ligação entre os reservatórios, convencional e de água da chuva. O fluxo d'água dessa ligação é controlado por uma torneira de bóia, colocada no reservatório de água da chuva na mínima altura possível, devido ao seu funcionamento, conforme a Figura 328, de forma a não permitir o esgotamento do reservatório de chuva com água da rede, deixando-o pronto para receber a água do próximo evento chuvoso. Dessa maneira, unificam-se as tubulações de chegada no ponto de consumo, que vêm apenas do reservatório da chuva, e consegue-se uma automação do sistema, que passa a não depender mais de operação do usuário.

De outra forma, no caso de um eventual descuido ou esquecimento por parte do usuário em fechar o registro controlador, por exemplo, na volta do abaste-

cimento por chuva, o ponto simplesmente continuaria a ser abastecido pela rede, visto que a pressão da rede é maior que a do sistema de chuva, fazendo com que a água da chuva fique contida pela válvula de retenção, que funciona como barreira à passagem de água da rede ao reservatório de água da chuva.

Base de apoio do reservatório

A função principal desse apoio para o reservatório é elevá-lo até 50 cm acima do ponto de entrada na caixa de descarga acoplada à bacia sanitária, de forma a garantir a pressão suficiente ao perfeito funcionamento, segundo recomendado por Macintyre (1996), mas proporcionando também uma altura abaixo da calha, de maneira a dispensar o bombeamento.

Desse modo, é proposto um reservatório com uma altura de 1,20 m em relação ao piso da residência. Como apoio, o autor sugere uma camada de solo-cimento compactado, na proporção de 1 para 20, de cimento Portland CP IV 32, e solo peneirado do local, com 20 cm de espessura. Sobre essa fundação seriam erguidas duas alvenarias perpendiculares, de tijolo maciço rústico, com acabamento à vista, conforme ilustrado na Figura 329.

8.6.6 Análise dos benefícios

A captação de água da chuva pode gerar benefícios de diversas ordens, em diferentes finalidades. No meio urbano, devem ser citados aqueles concernentes à minimização dos problemas causados pela impermeabilização e poluição das cidades. Matéria muito estudada na engenharia de recursos hídricos, a drenagem urbana trabalha com as chu-

'a' e 'b' são dimensões variáveis, de acordo com o reservatório a ser apoiado

base em solo-cimento

alvenarias de tijolos à vista contraventadas

chapas de madeira USB
formato resultante do ajuste de uma chapa de 2,44 x 1,22 m
recortes podem ser utilizados para saída dos encanamentos

alvenarias de tijolos à vista contraventadas

base em solo-cimento

solo

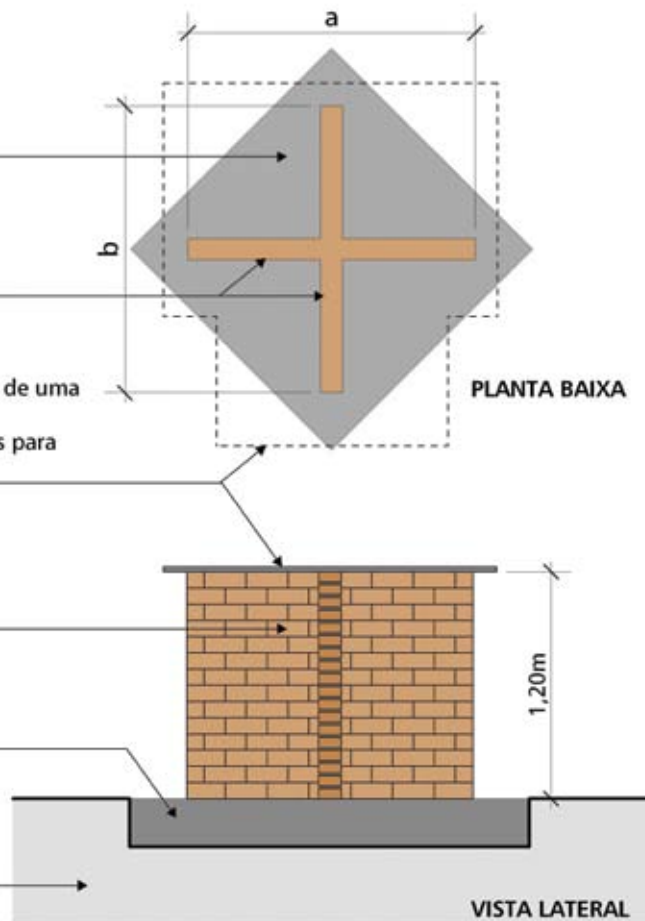


Figura 329 - Esquema básico ilustrativo da base de apoio do reservatório de água da chuva

vas, de maneira a determinar o mais precisamente possível suas variações, a fim de fornecer subsídios para a elaboração e otimização dos projetos de drenagem urbana.

Nesse sentido, bacias de retenção, que são grandes reservatórios de água da chuva, muitas vezes são diagnosticadas pelos especialistas e projetistas como uma das soluções às inundações urbanas. No entanto, essa solução é normalmente apresentada como exclusiva para esse problema, não considerando as múltiplas possibilidades, próprias de soluções sustentáveis, como, por exemplo, a utilização do volume retido para abastecimento.

Da mesma forma, a bibliografia referente à utilização da água da chuva, comumente, não apresenta considerações mais aprofundadas a respeito dos benefícios que a captação da água da chuva pode gerar para a escala urbana, limitando-se os estudos e análises à escala do indivíduo, usuário da edificação. Para tanto, os estudos são direcionados, por exemplo, à análise de dias e à quantidade de chuva para os períodos de seca, a fim de se desenvolverem com maior precisão os cálculos de dimensionamento do reservatório, que recebe atenção também na definição de materiais e sistemas construtivos mais seguros e econômicos. Formas para limpar e tratar a água também são averiguadas, chegando a ser desenvolvidos componentes industriais para o desempenho de tais tarefas. Materiais componentes de telhados, calhas, tubos condutores e bombeamentos também compõem a lista dos aspectos enfocados pelos estudos em torno da utilização humana da água da chuva.

Para diferentes países, têm-se diferentes benefícios com relação à captação de água da chuva, por razões diversas, que podem incluir desde a existência ou não de outra fonte do recurso, até a expressividade da tarifa, ou a qualidade da água fornecida pela rede. Para o cenário local de Porto Alegre, onde a água potável está disponível a quase toda a população, sendo distribuída pela rede pública até a residência das pessoas e a uma tarifa acessível, os benefícios da instalação e utilização da água da chuva são menos diretamente percebidos. Para se aproximar, então, de uma avaliação mais ampla dos benefícios associados à utilização da água da chuva, Mano (2004) os classifica em:

- a) diretos: aqueles percebidos diretamente pelos usuários da edificação que tem o sistema instalado; e
- b) indiretos: aqueles percebidos na escala urbana, contando-se com uma hipótese de larga disseminação do sistema na cidade.

As considerações sobre os benefícios diretos são referenciadas à edificação do estudo experimental, a fim de simplificar o entendimento dos diferentes aspectos que influenciam em sua avaliação, sobretudo para fins de dimensionamento e eficiência. Os indiretos são apresentados de forma mais genérica, sendo relacionados à escala urbana, considerando sua influência tanto nas entradas quanto nas saídas de água no meio urbano, podendo gerar benefícios.

Benefícios diretos

O aspecto econômico é o benefício mais facilmente percebido pelo usuário/proprietário. Outros

possíveis benefícios também podem ser citados, como o ambiental, que tem uma abrangência muito maior do que os limites da propriedade do indivíduo, mas que depende ainda, para a percepção de seu valor, de fatores mais subjetivos relativos ao grau de informação do usuário e à importância que ele releva à questão ambiental. Esse estudo, sob o ponto de vista do usuário, realiza apenas a análise dos aspectos econômicos associados à implantação de um sistema de captação e utilização de água da chuva em uma residência unifamiliar.

Área de captação e população do edifício

A primeira verificação a ser realizada é a capacidade total de captação pela edificação. Para o

estudo experimental, esse número resultou em um volume de **5.238,2 L** por mês, o que corresponde a aproximadamente **67,2%** do consumo da bacia sanitária para o período. A relação entre a área de captação do protótipo e a população da edificação, conforme critérios da Prefeitura Municipal de Porto Alegre (1992), é de **14,54 m²** por pessoa. Assim, para se ter uma cobertura de aproximadamente 67,2% do consumo de vasos sanitários, é necessário que se tenham **14,54 m²** por pessoa habitante do edifício. A Figura 330 demonstra as relações entre área de cobertura, população e percentual de cobertura para os condicionantes do estudo experimental.

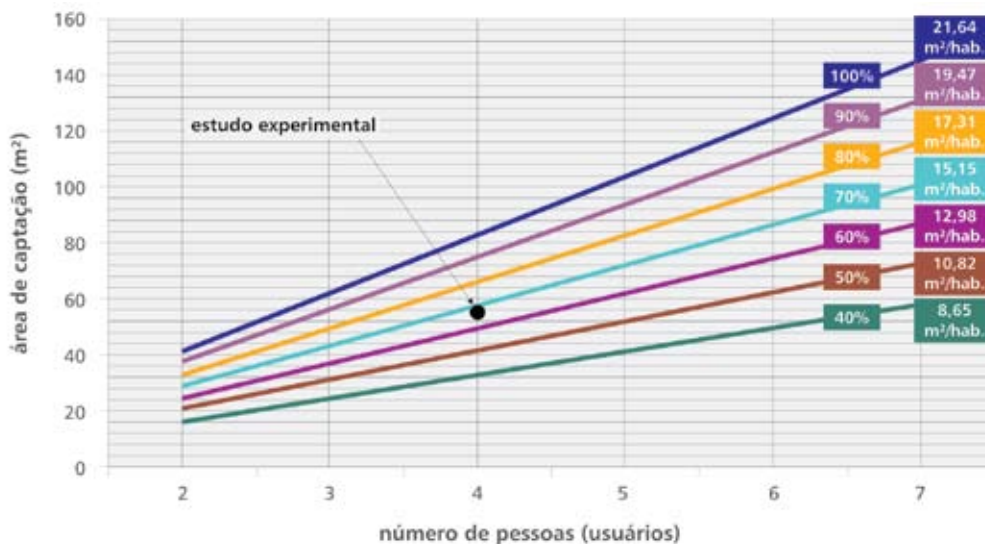


Figura 330 - Gráfico demonstrativo da relação entre área de captação e a população consumidora da edificação, considerando os percentuais de cobertura da demanda

Quanto maior for o percentual de cobertura, tanto mais próximo do máximo benefício estará o edifício, pois mais apto a cobrir a totalidade da demanda ele estará. Os outros percentuais servem a uma comprovação da necessidade de ligação à rede externa e também a uma referência de pré-dimensionamento e viabilidade. No estudo experimental, por exemplo, ao atingir o abastecimento por água da chuva de 67,2% do consumo da descarga do vaso sanitário, garante-se uma eficiência de 100% do sistema, pois esse é o potencial máximo do edifício.

Especificação dos componentes

Para sistemas que constituem a única fonte de água da edificação, torna-se imperativo o máximo atendimento possível da demanda, a fim de evitar falta no abastecimento. No exemplo das cisternas do sertão nordestino brasileiro, estas normalmente contam com grandes volumes de reserva, sendo comuns números entre 15 m³ e 30 m³. Esses grandes volumes ocorrem, principalmente, porque a cisterna costuma ser o único recurso de água da edificação, mas também por causa das características das chuvas na região, muito sazonais. O benefício mais facilmente percebido, nesse caso, deixa de ser o econômico e passa a ser a própria água, disponibilizada através do sistema. Nesse sentido, o dimensionamento do reservatório fica menos influenciado pelo aspecto econômico, concentrando-se em garantir o máximo possível de abastecimento. A atenção ao aspecto econômico se verifica, principalmente, nos materiais e tecnologias aplicados, que costumam ser locais e de fácil assimilação cultural, de forma a facilitar a autoconstrução, eliminando custos de mão-de-obra e viabilizando o sistema.

Do outro lado, têm-se os sistemas de chuva que atuam complementarmente ao abastecimento da rede urbana, ou de outras fontes, como, por exemplo, os poços de captação de águas subterrâneas, que são comuns em zonas não urbanas. Nesses casos, o dimensionamento do reservatório tende a prestar mais atenção ao aspecto econômico, que toma maior importância nas decisões de proprietários, usuários e/ou empreendedores.

O benefício econômico é caracterizado aqui pela relação entre o custo de implantação do sistema e a economia pela não-necessidade de pagamento da água gerada por ele. Nesse estudo, partiu-se da premissa de que a utilização da água da chuva para 67,2% da demanda do vaso sanitário, ao diminuir o consumo de água potável da rede, que é tarifada pela distribuidora, gera economia em recurso financeiro para o usuário da edificação, existindo, dessa forma, uma amortização do investimento de implantação.

Existem ainda os custos com a manutenção do sistema, que, no entanto, não são abordados nesta pesquisa por força da incipiência de dados a respeito e pela provável pouca representatividade deles, à exceção do serviço de limpeza, principalmente da calha e do reservatório. Além disso, considera-se que esse serviço seja realizado pelo próprio usuário, dispensando gastos com mão-de-obra, uma vez que não são necessários produtos ou ferramentas específicos.

Nesse sentido, é realizado um levantamento dos referidos custos de implantação do sistema, considerando material e mão-de-obra, sendo os materiais orçados segundo valores fornecidos por estabelecimentos comerciais de Porto Alegre, e a mão-de-obra,

segundo profissionais liberais da cidade, ambos apresentados em anexos da dissertação de Mano (2004). Subdivide-se o sistema em grupos de orçamento, com dimensionamento conforme especificado anteriormente, sendo eles:

- a) reservatório;
- b) calha com tela;
- c) encanamentos e conexões; e
- d) base de apoio do reservatório.

a) Reservatório

São tomados como referência os três volumes, para períodos de estiagem de 11, 19 e 24 dias, conforme apresentado anteriormente, e relacionados com reservatórios pré-fabricados, em volumes o mais próximo possível dos mesmos, conforme o inventário de componentes do sistema, sendo os dados resultantes apresentados no Quadro 84.

A dependência do percentual de cobertura da demanda pelo tamanho do reservatório ocorre em distribuição temporal, o que significa que todos os reservatórios acima podem suprir a totalidade da demanda por determinado período, o qual varia sensivelmente em duração e frequência, conforme a capacidade. Por exemplo, considerando a utilização de um reservatório com 5.000 L, ocorrerá uma utilização excedente de água da rede com uma frequência provável de cinco anos. Ou seja, durante o período de cinco anos, compreendido entre os eventos de dias consecutivos sem chuva com duração de 19 dias, o reservatório suprirá 100% da capacidade de captação do telhado para o consumo da edificação, que, no caso do estudo, corresponde, conforme já apresentado, a aproximadamente 67,2% do total consumido pelos vasos sanitários. No entanto, ainda podem ocorrer, dentro desses cinco anos, períodos sem chuva, com períodos de retorno maiores de cinco anos.

Volumes calculados (litros)		2.816,00	4.864,00	6.164,00
Dias consecutivos sem chuva		11	19	24
Período de retorno (anos)		1	5	10
Fibra de vidro	volume (litros)	2.000,00	5.000,00	7.000,00
Polietileno	volume (litros)	2.500,00	5.500,00	10.000,00
Concreto	volume (litros)	2.900,00	4.900,00	6.200,00
Fibrocimento	volume ⁵⁶ (litros)	3 x 1.000	5 x 1.000	6 x 1.000

Quadro 84 - Comparativo das possibilidades para reservatórios da edificação do estudo experimental

⁵⁶ Volumes resultantes da ligação de 3, 5 e 6 reservatórios de 1.000 litros. Esquema das ligações conforme a Figura 332.

Além disso, os períodos sem chuva menores que 19 dias também podem esvaziar o reservatório, dependendo do volume d'água disponível nele, no início de tais períodos sem chuva. Nesse sentido, uma avaliação do comportamento do reservatório, conforme apresentado anteriormente, é muito importante, uma vez que denuncia os pontos de fragilidade do sistema, tanto em períodos de seca, como de excesso de chuva, quando ocorrem extravasamentos, desperdiçando água.

Um estudo sobre o balanço hídrico de reservatórios para a edificação do estudo foi realizado para os volumes de 2.000, 2.500, 2.900, 3.000, 4.900, 5.000, 6.200, 7.000 e 10.000 L. A partir daí, foram calculadas médias mensais de abastecimento pela rede e pela chuva. Esses volumes correspondem aos tamanhos dos reservatórios sugeridos pelo inventário de componentes do sistema, que mais se aproximam dos volumes de cálculo, apresentados anteriormente. O referido estudo é desenvolvido sobre uma planilha que relaciona dados pluviométricos diários de 12 anos, área de captação, volume do reservatório e consumo diário para a caixa de descarga do vaso sanitário. Seu resultado é ilustrado por um gráfico, constante no apêndice A de Mano (2004), que o apresenta apenas para o volume de 5.000 L. As médias aritméticas do consumo, da rede e da chuva, são consideradas sobre todo o período medido, bem como os volumes extravasados, para os reservatórios, com diferenças volumétricas mais relevantes, entre os citados acima, sendo apresentados, no Quadro 85, apenas alguns mais significativos.

O volume do reservatório efetivamente pode ser qualquer um dos apresentados acima e mesmo outros. A diferença na especificação de um ou outro volume, nesse caso, fica por conta do benefício gerado, que é percebido diferentemente por cada usuário, conforme seu juízo de valor em torno, principalmente, dos aspectos ambiental e econômico. Os volumes apresentados acima representam algumas possibilidades prováveis para o ótimo dimensionamento do reservatório e servem como subsídio para considerações em torno dos benefícios da aplicação do sistema, realizadas a seguir.

b) Calha com tela

Alguns elementos, como a louça sanitária e a caixa de descarga acoplada, não são considerados integrantes do sistema de aproveitamento da água da chuva, não sendo, por isso, computados nos cálculos de custo do sistema, ao contrário de outros, claramente exclusivos do sistema, como, por exemplo, o reservatório para água da chuva. Com respeito à calha e tela, essa classificação se torna não tão evidente, pois sua aplicação acontece também em edificações sem o sistema de aproveitamento de água da chuva.

Dessa maneira, a calha pode, ou não, ser considerada como elemento componente do sistema para os cálculos de custo, bem como a tela de proteção, apesar de esta última ser menos comum em calhas que descartam a água captada.

Foi estabelecido no estudo que tanto a calha como a tela constituem componentes do sistema, por isso incluídas no cálculo de custo do sistema. A ca-

		Consumo médio mensal rede	Consumo médio mensal chuva	Extravasamento médio mensal
2.000 litros	volume (litros)	3.260,1	4.530,2	708,1
	percentual do consumo	41,8%	58,2%	(5.238,3-4.530,2)
3.000 litros	volume (litros)	2.961,3	4.828,9	409,4
	percentual do consumo	38,0%	62,0%	(5.238,3-4.828,9)
5.000 litros	volume (litros)	2.706,9	5.083,3	155,0
	percentual do consumo	34,7%	65,3%	(5.238,3-5083,3)
7.000 litros	volume (litros)	2.612,7	5.177,5	60,8
	percentual do consumo	33,5%	66,5%	(5.238,3-5.177,5)
10.000 litros	volume (litros)	2.563,1	5.227,2	11,1
	percentual do consumo	32,9%	67,1%	(5.238,3-5.227,2)

Quadro 85 - Médias mensais da distribuição do consumo de água no vaso sanitário e médias de extravasamento, para diferentes volumes de reservação

lha, com a tela, é orçada conforme dimensionamento apresentado anteriormente e tem seus fornecedores e preços disponíveis no anexo B da dissertação de Mano (2004).

c) Encanamentos e conexões

As tubulações obedecem aos percursos descritos no estereograma da Figura 331, genérica a todos os reservatórios, à exceção dos de fibrocimento.

Os reservatórios de fibrocimento compõem seus volumes, de 2.000, 3.000, 5.000 e 6.000 L, através da combinação aditiva de reservatórios de 1.000

L, que é o de maior volume disponível no mercado. As ligações ocorrem por meio de tubulações de PVC, de diâmetro de 40 mm, fixadas e vedadas com adaptadores com flange, na mesma bitola. O esquema da Figura 332 ilustra uma ligação entre os reservatórios de fibrocimento.

O PVC, apesar de não ser recomendável sob o ponto de vista ambiental, ainda constitui, segundo Mano (2004), o material economicamente mais barato, sendo assim tomado como referência em sua pesquisa para todas as tubulações do sistema de utilização de água da chuva.

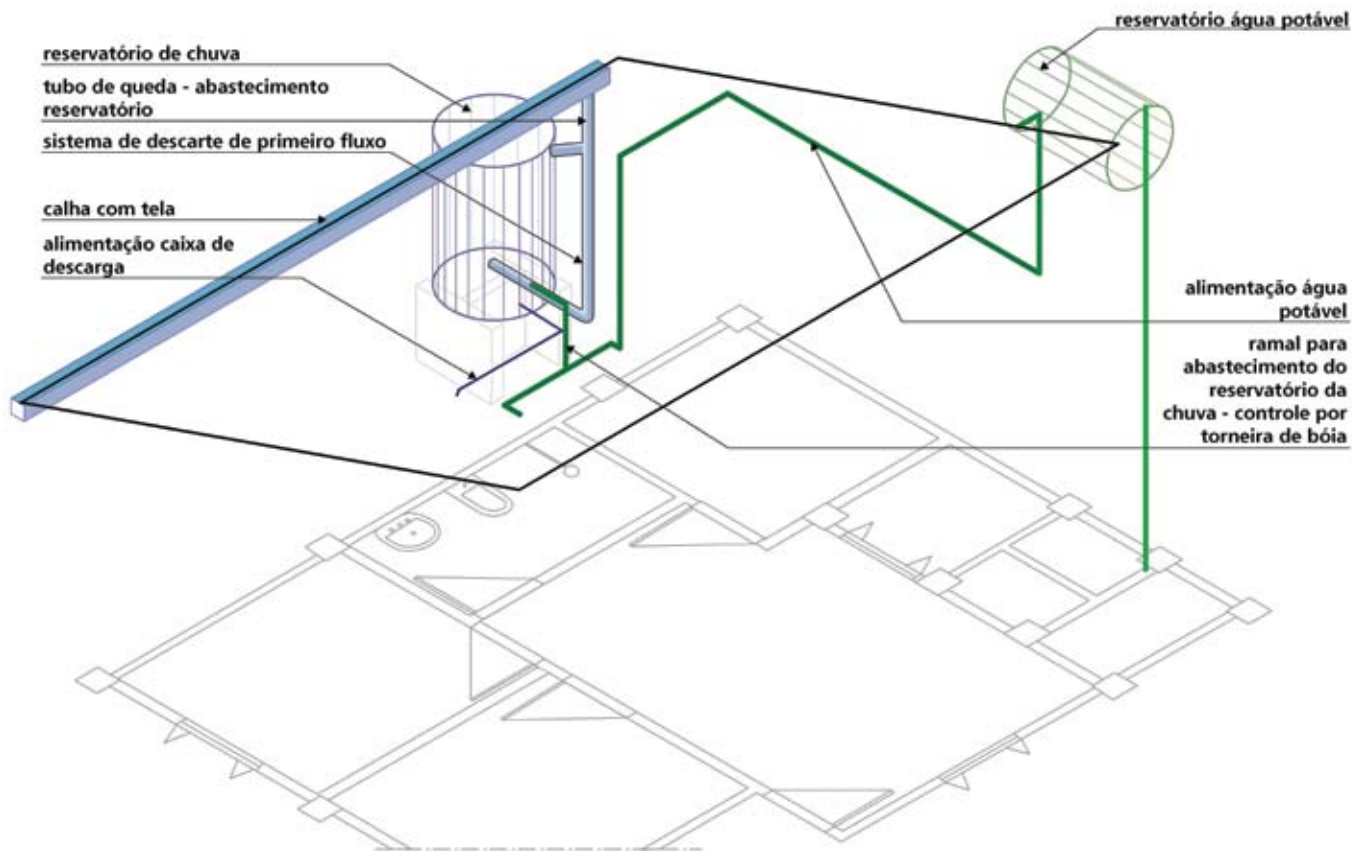


Figura 331 - Estereograma ilustrativo dos percursos dos encanamentos do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva para o protótipo Casa Alvorada

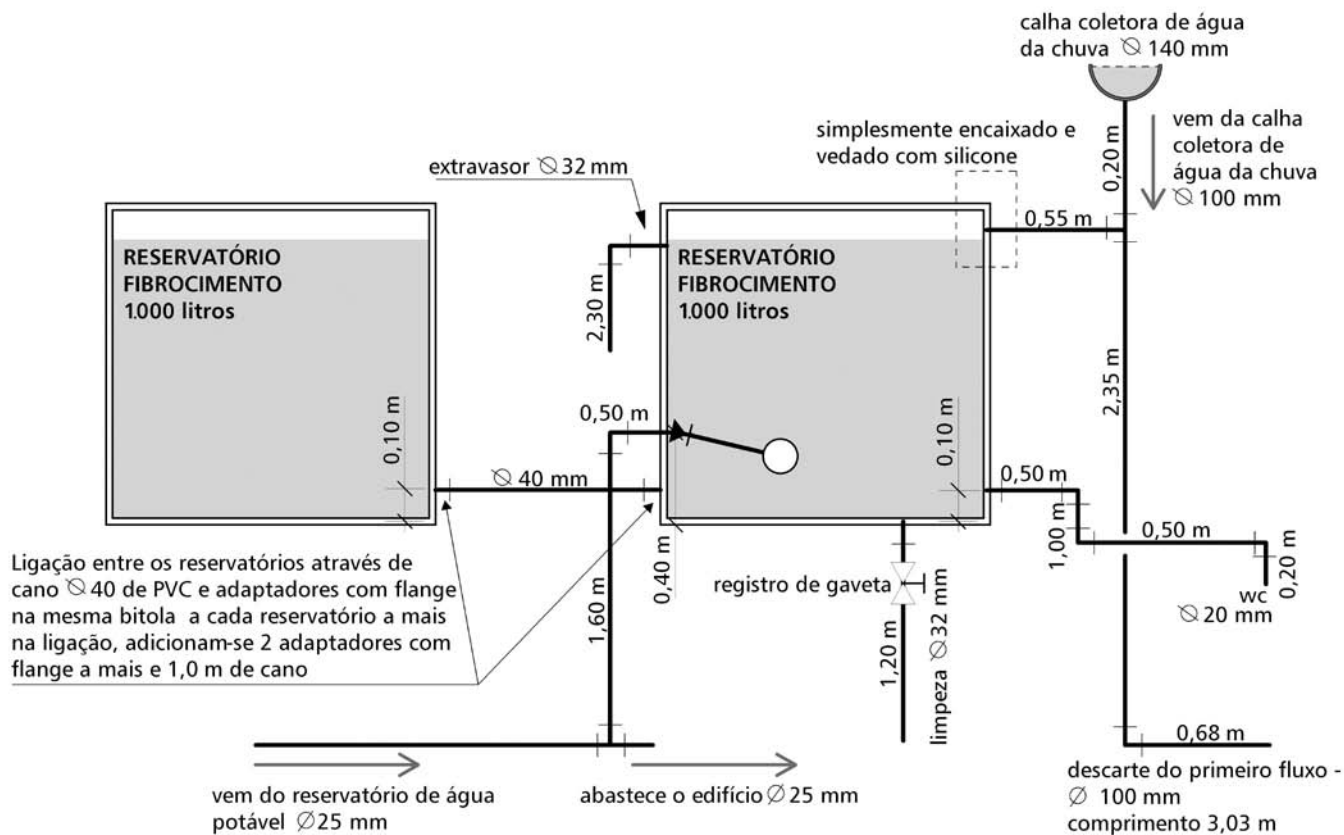


Figura 332 - Esquema das instalações hidráulicas, para um conjunto de dois reservatórios de 1.000 litros, em fibrocimento

As alterações que as diferentes dimensões dos reservatórios geram nas tubulações são desprezadas pelo estudo, pois não afetam conexões, as quais têm maior expressividade em termos de custo, ficando assim reduzidas ao comprimento de alguns canos. Por sua vez, os canos estão disponíveis, nos estabelecimentos comerciais, em tamanho mínimo de 1 m, fazendo com que as quebras geradas absorvam as diferenças de comprimento ocasionadas pelos diferentes tamanhos dos reservatórios.

d) Base de apoio do reservatório

As variações na base de apoio em função das dimensões do reservatório acontecem no plano horizontal. As alterações no plano vertical, que dizem respeito às alturas, ficam por conta apenas dos reservatórios acima de 2.500 L, que têm alturas que vão de 1,75 m até aproximadamente 2,00 m, havendo uma diminuição na pressão, de 0,50 m de coluna d'água, entre o reservatório e a entrada da caixa de descarga. Os reservatórios de mais de 5.000 L, considerando a possibilidade de sua efetiva aplicação no protótipo Casa Alvorada, devem ficar apoiados em alturas compatíveis com a entrada da água, proveniente da calha, e conseqüentemente receber auxílio de bombeamento para o abastecimento da caixa de descarga.

Para esta pesquisa, calcularam-se os custos de implantação desses reservatórios sem considerar tal limitação. Os resultados desses cálculos, específicos aos reservatórios de 7.000 e 10.000 L, são apresentados a fim de auxiliar na comparação com outros volumes, principalmente em torno do comportamento dos reservatórios, em função da distribuição das chu-

vas, e suas relações de aproveitamento e custo, bem como para subsídio de considerações a respeito dos benefícios à drenagem urbana.

Para os demais reservatórios, conforme colocado anteriormente, os cálculos afetam a base em suas dimensões horizontais, segundo composições de orçamento apresentado no apêndice B de Mano (2004).

As chapas de madeira são necessárias para apoio dos reservatórios plásticos e de fibra de vidro, sendo, por causa de suas dimensões, necessária uma adaptação através de encaixe especial de corte, conforme apresentado na Figura 332, sendo considerada adequada a todos os reservatórios.

Os traços de argamassa de assentamento das alvenarias, bem como do solo-cimento, são considerados os mesmos para todos os reservatórios, independentemente do material ou volume dele.

Mano (2004), em sua pesquisa, realiza apenas uma estimativa de dimensionamento e especificação dos elementos estruturais da base de apoio, recomendando, para obter valores mais adequados a cada situação, a realização de cálculos estruturais e a verificação das especificações aqui apresentadas.

Custo e economia gerada

A partir dos resultados dos orçamentos descritos nos itens anteriores, de Mano (2004), o autor realizou uma tabulação dos custos relacionados à implantação do sistema, para os diferentes reservatórios, considerando as variações que eles geram no restante das instalações. O Quadro 86 apresenta esses dados e os relaciona com o tempo médio de

retorno do investimento, calculado pela diminuição dos valores gastos na conta de água.

Para tanto, são calculados os volumes mensais de água da chuva consumidos e multiplicados pelo preço da água ao consumidor fornecido pelo DMAE (2003), estabelecido de acordo com três faixas de consumo, conforme fórmulas de cálculo a seguir:

- a) 1ª faixa - consumos até 20 m³: [PB x (C/E)];
- b) 2ª faixa - consumos entre 20 e 1.000 m³: PB [0,2711 X (C/E)^{1,43577}]; e
- c) 3ª faixa - consumos maiores que 1.000 m³: {PB X [(C/E) X 5,5]}.

onde:

PB = preço básico (R\$/1 m³);

C = consumo (m³); e

E = (número de economias).

O preço básico, também segundo o DMAE (2003), é de R\$ 1,3917/m³ para consumidores residenciais, R\$ 1,5748/m³ para comércio e indústria, e R\$ 2,7834/m³ para órgãos públicos. Existe ainda a chamada tarifa social para os serviços de água e esgoto, para pequenos consumidores com volumes consumidos de até 10 m³, que é de R\$ 5,5668 mensais para água, e de R\$ 4,4534, para esgoto.

O tempo de retorno não considera o custo financeiro do valor aplicado, ou seja, despreza projeções de juros nos tempos calculados, constantes na última coluna do Quadro 86, de retorno do investimento.

Não é objeto desse estudo uma apuração real do retorno financeiro gerado pela aplicação do sis-

tema, mas sim uma aproximação, com o objetivo de ilustrar o potencial do sistema e subsidiar comentários a respeito das possibilidades e benefícios gerados por sua implantação.

Benefícios indiretos

Além dos benefícios apresentados pelo item anterior, concernentes ao consumo de água na edificação, existem outros que se referem à escala urbana. Sob o ponto de vista da drenagem urbana, a reservação residencial de água da chuva, ou a pequena reservação, consiste em uma medida estrutural para mitigação de problemas de inundação que trabalha com a minimização do pico das cheias, diminuindo os efeitos da urbanização no hidrograma da bacia natural. Nesse caso, a reservação é feita durante os períodos de maior intensidade pluviométrica e se descarta posteriormente a água reservada, distribuindo o volume de escoamento superficial por um período maior. São Paulo (1979) coloca que, dependendo do período envolvido, o armazenamento pode ser de detenção ou de retenção do deflúvio direto. A detenção é caracterizada por um armazenamento que se estende por um período um pouco maior do que o tempo do próprio deflúvio direto, ao passo que na retenção esse período é consideravelmente maior, gerando invariavelmente maiores volumes de reservação, o que contribui para que o primeiro tipo seja mais comumente utilizado para a drenagem urbana.

Em uma primeira análise, o simples descarte da água, no entanto, pode parecer desperdício, visto seu grande potencial de utilização. Porém, sob o ponto de vista da drenagem urbana, é necessário que

RESERVATÓRIO							Volume d'água economizado médio mensal	Economia média mensal em conta d'água		Retorno		
volume (litros)	Valor					CUB		m³	R\$		CUB	anos
	mão-de-obra**	material	instalação***	total								
	R\$	R\$	R\$	R\$	CUB							
fibra de vidro	2.000,0	100,0	397,2	580,39	1.077,58	1,49	4,5302	6,30	0,0087	14,2		
	5.000,0	120,0	751,0	696,88	1.567,88	2,16	5,0833	7,07	0,0098	18,5		
	7.000,0	125,0	973,0	755,08	1.853,08	2,55	5,1775	7,21	0,0099	21,4		
	10.000,0	130,0	1.474,0	755,08	2.359,08	3,25	5,2272	7,27	0,0100	27,0		
Poli-etileno	2.500,0	100,0	846,6	582,56	1.529,14	2,11	4,7120	6,56	0,0090	19,4		
	5.500,0	120,0	1.593,4	702,42	2.415,77	3,33	5,1150	7,12	0,0098	28,3		
	10.000,0	130,0	2.200,0	818,15	3.148,15	4,34	5,2272	7,27	0,0100	36,1		
Fibro-cimento*	2.000,0	110,0	240,6	905,07	1.255,63	1,73	4,5302	6,30	0,0087	16,6		
	3.000,0	130,0	360,8	1.290,49	1.781,33	2,46	4,8289	6,72	0,0093	22,1		
	5.000,0	150,0	601,4	1.941,27	2.692,67	3,71	5,0833	7,07	0,0098	31,7		
	6.000,0	170,0	721,7	2.150,74	3.042,42	4,19	5,1418	7,16	0,0099	35,4		
concreto	2.900,0	380,0	808,5	372,41	1.560,87	2,15	4,8108	6,70	0,0092	19,4		
	4.900,0	550,0	1.151,3	483,53	2.184,88	3,01	5,0763	7,06	0,0097	25,8		
	6.200,0	620,0	1.328,3	539,21	2.487,54	3,43	5,1515	7,17	0,0099	28,9		
R\$ 725,46		R\$ 1,39										
CUB/outubro 2003		Custo água/m³										

* volumes resultantes da ligação de reservatórios de 1.000 litros

** relativa às instalações hidráulicas (tubulações e conexões) e, no caso dos reservatórios de concreto, à construção destes

*** relativo ao material de todas as instalações necessárias e também à mão-de-obra para a base de apoio dos reservatórios

Quadro 86 - Totalização do custo do sistema considerando diferentes possibilidades de reservatórios e amortização dele pela economia em conta d'água gerada

o reservatório esteja sempre vazio, ou tenha capacidade plena para reservar ou deter a água, estando permanentemente habilitado para o próximo evento chuvoso. Quando a intenção é que não falte água no

reservatório para o abastecimento do usuário, o risco de extravasamento durante as chuvas torna-se maior, pois é normalmente dimensionado para atender apenas à demanda de consumo de água, inabilitando-o

para a função auxiliar no controle de inundações urbanas. Ou seja, enquanto para o usuário a preocupação é o período sem chuva, para o urbano, é exatamente o contrário, atentando para os picos das chuvas. Dessa forma, os cálculos de dimensionamento do reservatório de ambos, como são realizados na maioria dos casos, buscam metas quase opostas.

Porém, é possível realizar o dimensionamento do reservatório a fim de torná-lo apto a atender a ambas as funções, de reservação, para uso residencial, e de retenção dos picos de chuva, contribuindo para a mitigação das inundações urbanas. Um gráfico de análise do comportamento do reservatório, por exemplo, de Mano (2004), que demonstre todos os pontos de extravasamento do reservatório, em um período determinado, pode fornecer os subsídios necessários ao cálculo do volume final de um reservatório que atenda ao urbano e ao individual simultaneamente. No caso da edificação do estudo experimental, o reservatório de 10.000 L apresenta um volume e uma frequência de extravasamento bastante pequenos, retendo quase o total da água captada pelo telhado no período, retirando essa água do sistema de drenagem urbana.

Maneiras de promover uma aproximação dessas duas potencialidades, do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva, têm sido experimentadas em alguns locais. Segundo Tomaz (2001), na cidade alemã de Hamburgo, por exemplo, a utilização de água da chuva em bacias sanitárias é incentivada, também em função do seu benefício para a diminuição do pico das vazões de enchentes. A prefeitura da cidade oferece uma ajuda financeira de U\$ 1.500,00 a U\$ 2.000,00 àqueles que instalarem um sistema de aproveitamento da água da chuva.

Incentivos como esse se baseiam em uma lógica de economia para ambos os lados. Enquanto o usuário ganha com a diminuição dos custos de implantação do sistema, a municipalidade se beneficia com a minimização dos investimentos em drenagem urbana. Resumidamente, tem-se, de um lado, o problema urbano com relação à drenagem, que recomenda e, em alguns casos, exige a construção de reservatórios de detenção das águas das chuvas, e de outro, o custo, ao usuário, apresentado pelos sistemas eficientes de aproveitamento dessa água.

Imaginando-se então, para fins de uma estimativa preliminar, um percentual de terreno ocupado pela edificação de 66,6%, o acréscimo de vazão no sistema de drenagem urbano, em função dos telhados, seria maior que a simulada por Tassi (2002). A consequência dimensional desse acréscimo nas redes de micro e macrodrenagem e, principalmente, sua tradução econômica também são apontadas por Tassi (2002), que afirma ser possível reduzir o custo de implantação das redes de drenagem na bacia. A economia percentual com relação exclusivamente à implantação das redes de drenagem, segundo a autora, pode chegar a 33%, considerando-se a meta de obtenção de uma vazão de saída do lote igual à de pré-urbanização, e a 14%, considerando-a com um valor cinco vezes maior ao da vazão do terreno virgem.

Contudo, a autora completa afirmando que, embora seja possível economizar com a implantação das redes de drenagem, o custo global das obras na bacia (redes de drenagem mais microrreservatórios) fica em geral maior, chegando a 21% de elevação, dependendo das características dos microrreserva-

tórios utilizados, se comparado aos custos de construção de uma rede de drenagem dimensionada para as vazões geradas na bacia urbanizada sem controle. Porém, é importante observar que a autora realiza um levantamento de custo do sistema de detenção considerando reservatórios de concreto armado e de alvenaria com fundo e tampa em concreto armado. Essas tecnologias não apresentam bom desempenho em custo, se comparadas a reservatórios em outros materiais, como fibra de vidro e fibrocimento, conforme visto anteriormente. Além disso, a própria autora adverte que, como estruturas de controle não são comumente exigidas na bacia, os processos decorrentes da urbanização deverão ser seguidos de obras de ampliação das redes de drenagem.

Outro aspecto importante econômico é o tempo. Como a urbanização da bacia não acontece de forma pontual, os custos de implantação de microrreservatórios ficariam também distribuídos conforme a necessidade, ao contrário das obras de drenagem. E existem ainda casos em que não é possível ou então é muito onerosa uma construção ou ampliação de redes de drenagem, quando, por exemplo, não existe espaço físico disponível para tal, ou há interferência com outras redes de infra-estrutura, como eletricidade, telefonia, esgoto cloacal, etc.

Imaginando-se uma economia percentual, conforme sugerida por Tassi (2002), de 33%, apenas nos investimentos em novas obras, que se referem principalmente ao crescimento e ao adensamento da cidade, que aumenta a área impermeável e o nível de impermeabilidade, o total de recursos economizados em Porto Alegre no ano de 2002 seria de U\$ 553.673,00.

Especulando-se a possibilidade do estabelecimento de um auxílio advindo da municipalidade de U\$ 600,00, por exemplo, para a implantação de um sistema com volume suficiente para garantir ambos os benefícios, 922 mil lotes poderiam receber o incentivo.

Aplicando-se a possibilidade de benefício para a edificação do estudo experimental, na qual o volume de 10.000 L provavelmente confira um bom desempenho para a função de retenção dos picos de vazão, e se aproxima muito de 100% de desempenho para atender à demanda de água na caixa de descarga, tem-se que:

- a) o custo do sistema seria de U\$ 803,20, considerando um reservatório de fibra de vidro;
- b) o investimento do usuário seria de U\$ 203,20; e
- c) em 6 anos e 9 meses, não considerando custos financeiros, o usuário teria o retorno do investimento – após esse prazo, continuaria a obter ganhos com a economia em água gerada.

8.6.7 Considerações finais

Mesmo considerando a magnitude do consumo de água no vaso sanitário no consumo total de uma residência, a economia média mensal com água ficaria entre R\$ 6,30 e R\$ 7,27, reduzindo-se 67,1% do consumo no vaso sanitário, ou 21,5% do consumo total da edificação. Isso permite concluir que, mesmo aumentando a área de captação, conseguindo uma economia de 32%, correspondente ao total para o vaso sanitário, o tempo de retorno do investimento ainda não chegaria a patamares atraentes ao usuário

urbano médio. Além disso, na hipótese, por exemplo, de se estender a aplicação da água da chuva a outros pontos como a torneira de jardim e o tanque, o que corresponderia a aproximadamente 50% do consumo total do edifício, a economia mensal ficaria em torno dos R\$ 15,00, proporcionando um retorno estimado não inferior a seis anos e meio, **para a edificação do estudo experimental**. Ou seja, apesar de serem importantes aqueles dados relativos à proporção entre área de captação e população, ao consumo ou números de pontos atendidos, e até mesmo ao dimensionamento do reservatório, o benefício econômico do sistema, sob o ponto de vista do usuário, possivelmente continuará sendo minimizado, ou mesmo eliminado, pelo baixo custo da água em Porto Alegre.

Paralelamente se observa o problema das inundações urbanas, onde os reservatórios de detenção são uma das soluções bastante utilizadas para a mitigação delas. No entanto, tais reservatórios têm sido estudados, desenvolvidos e executados a partir do ponto de vista exclusivo da drenagem urbana, que, na bibliografia examinada, não considera mais profundamente a possibilidade de reserva da água detida, para utilização posterior. A pesquisa identificou, nesse sentido, um grande potencial do sistema de captação e utilização de água da chuva como auxiliar na drenagem urbana.

Dados demonstram os significativos gastos públicos com o sistema de drenagem na cidade de Porto Alegre, o que levanta a possibilidade de economia para os cofres públicos, mediante o incentivo

à construção de sistemas para captação e utilização de água da chuva. Para novas obras de infra-estrutura, na maioria decorrentes do avanço da urbanização e do aumento das áreas impermeáveis, poder-se-ia conseguir uma redução significativa dos investimentos, através da implantação de sistemas de captação e utilização de água da chuva de forma abrangente.

A economia resultante da redução de novas obras, tomando por base o ano de 2002 e calculada a partir de dados de Tassi (2002), reforça fortemente o potencial da implantação de um incentivo público à construção de sistemas de utilização da água da chuva. Esse incentivo pode gerar economia para a municipalidade e, ao mesmo tempo, maximizar o benefício direto, diminuindo sensivelmente o tempo de retorno do investimento do usuário, por sua vez significativamente menor. Um levantamento mais apurado, nesse sentido, em torno da possível economia gerada aos cofres do município, poderia determinar um valor preciso para o incentivo ou bônus, em função, por exemplo, do percentual de retenção de chuva que o sistema confere, possibilitando uma solução simples e plural.

Essa abordagem, além de ser potencialmente mais passível de sucesso, pois confere ganhos para os âmbitos público e privado, aproxima-se mais da filosofia sustentável, considerando múltiplas soluções e gerando possibilidades educacionais e sociais, e o que mais puder ser imaginado de uma hipótese genérica de aplicação de sistemas de captação e utilização de água da chuva no meio urbano.



COLEÇÃO HABITARE

As práticas sustentáveis na área da construção ainda são limitadas e, em sua maioria, tiveram início durante a última década. Como exemplo de tais práticas o livro apresentou algumas das atividades de pesquisa, ensino e extensão do NORIE, particularmente de sua Linha de Pesquisas em Edificações e Comunidades Sustentáveis. Outras já foram desenvolvidas e documentadas em uma série de trabalhos científicos publicados, e novos desafios na área, resultantes sempre de demandas da sociedade, estão em fase de construção ou de projeto. No entanto, com finalidades de pesquisa, demonstração ou de educação ambiental, elas cumprem um papel fundamental como referência de iniciativas a serem aprimoradas ou reproduzidas, caso se queira reverter o quadro mundial atual de franca degradação das condições ambientais, resultante da atividade de construção, particularmente no setor de edificações.

Neste livro procuramos repassar ao leitor a nossa visão de sustentabilidade relacionada a construções mais sustentáveis. Entendemos que o desenvolvimento de construções mais sustentáveis deverá estar apoiado sobre um tripé de conceitos:

- a) que as ações resultem de um trabalho interdisciplinar que reúna vários olhares que se complementem e se somem na resolução dos problemas;

b) que os projetos tenham um caráter holístico, isto é, que se busque enriquecê-los através do maior número possível de aspectos que contribuam para a satisfação e saúde daqueles que serão os seus usuários; e

c) que a abordagem que congrega os dois primeiros conceitos seja sistêmica. Independentemente da escala das construções e mesmo de comunidades, é importante que reconheçamos a importância de cada aspecto, de cada fluxo de material ou energia, de cada função a ser desempenhada, dentro de um todo orgânico.

Certamente, processos de tal natureza devem ser permanentemente aprimorados, até porque muitos dos princípios sobre os quais se baseiam são relativamente novos; outros, antigos, esquecidos ou até ignorados, mas todos importantes. Pelo fato de serem novos, as ações na área são cercadas de incertezas, muitas vezes nos induzindo a erros, os quais nos possibilitam aprender lições e tentar novamente, buscando superá-los. Assim, também este livro requer inúmeros aprimoramentos. Em um primeiro momento, ele buscou descrever o histórico da Linha de Pesquisas em Edificações e Comunidades Sustentáveis do NORIE, no desenvolvimento de projetos mais sus-

tentáveis, assim como reunir e apresentar alguns dos resultados práticos já obtidos. Os resultados que se buscou apresentar foram aqueles mais diretamente relacionados aos apoiados pela FINEP e pela CAIXA, que foram fundamentais para que déssemos os primeiros passos nesta fascinante área.

Dessa maneira, buscamos apresentar ao máximo os resultados obtidos: os princípios identificados e que nos têm orientado, que foram aplicados em projetos, os quais foram materializados em construções, que foram e continuam a ser avaliadas. O que estamos construindo, pois, constitui um primeiro esboço, um esqueleto, de um projeto maior, que almeja discutir e propor construções e comunidades (em diferentes escalas) mais sustentáveis. No **mais** da sustentabilidade está implícito o seu caráter progressivo, que nos induz a uma permanente busca do aprimoramento das soluções propostas. Desse modo, os múltiplos olhares da interdisciplinaridade contribuirão para preencher lacunas ou corrigir falhas. Outros olhares adicionarão aspectos desconsiderados, por ignorância, ou eventualmente esquecidos, agregando-se ao nosso anseio de busca do holismo. Ainda outros identificarão processos não bem resolvidos ou concatenados, ampliando os horizontes da visão sistêmica.





COLEÇÃO HABITARE

Referências bibliográficas

ABC.ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. Disponível em: <<http://www.abceram.org.br>>. Acesso em: 14 maio 2002.

ABCI.ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA. **Manual técnico de caixilhos, janelas:** aço, alumínio, vidros, PVC, madeira, acessórios, juntas e materiais de vedação. São Paulo: Pini, 1991.

ABNT.ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7199:** projeto, execução e aplicações de vidros na construção civil. Rio de Janeiro, 1988.

ABNT.ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413 (NB 57):** Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.

ABNT.ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050:** acessibilidade de pessoas portadoras de deficiências a edificações, espaço, mobiliário e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro:ABNT, 1994.

ABNT.ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152:** Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 2000a.

ABNT.ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10821:** caixilhos para edificação - Janelas. Rio de Janeiro:ABNT, 2000b.

ABNT.ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações: Método de medição.** Projeto 02:135.02-004. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT.ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto 02:136.01-001/1: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho.** Rio de Janeiro, 2005.

ABRAVA. **Manual básico de aquecimento solar.** São Paulo, 1996.

ACAR FILHO, N. **Marketing no projeto e desenvolvimento de novos produtos: o papel do desenhista industrial.** São Paulo: FIESP/CIESP; Detec, 1997.

ALBERTS, T. Experience with organic architecture (on the part of the architect). In: INTERNATIONAL FORUM: MAN AND ARCHITECTURE. 27-29th September, 1990. **Proceedings...** Amsterdam, 1990. p. 6-10.

ALEXANDER, C.; ISHIKAWA S.; SILVERSTEIN, M. **A pattern language: towns, buildings, construction.** Berkeley: Oxford University Press, 1977.

ALVES, J. D. **Materiais de construção.** Goiânia: Editora da Universidade Federal de Goiás, 1987.

AROZTEGUI, J. M. **Parâmetros do conforto térmico de Porto Alegre.** Porto Alegre: NORIE; UFRGS, 1987.

ASSIS, Célia. **Sítios e jardins: 430 dicas de jardinagem.** São Paulo: Europa, 1991.

AYUSO, C. **260 modelos de janelas.** Lisboa: Plátano, 1990.

BALDONI, V. S. **Projeto de edificações sustentáveis para o Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis – CETHS.** Relatório Parcial de Dissertação de Mestrado. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 80 p. (Não publicado).

BALDONI, V. S.; CENTENO, C. V.; FEDRIZZI, B. **Pesquisa sobre as moradias da Vila Trilho.** Trabalho para a disciplina de Percepção Ambiental. PPGEC/UFRGS, 2000.

BERNAT, C.; COURCIER, R.; SABOURIN, E. **A cisterna de placas: técnicas de construção.** 2. ed. Recife: SUDENE/DPP; FUNDAJ; Massangana, 1993.

BOGO, A.; PIETROBON, C. E.; BARBOSA, M. J.; GOULART, S.; PITTA, T.; LAMBERTS, R. **Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o conforto térmico.** Relatório interno nº 02/94. Núcleo de Pesquisa em Construção, UFSC, Florianópolis, 1994.

BORGES, M. M. Formas de representação do projeto. In: NAVEIRO, R. M.; OLIVEIRA, V. F. **O projeto de engenharia, arquitetura e desenho industrial**: conceitos, reflexões, aplicações e formação profissional. Juiz de Fora: Ed. da UFJF, 2001. cap. 3, p. 65-100.

BRÜEL & KJAER. **Système de mesurage pour acoustique du bâtiment**. Manuel de l'utilisateur. Révision. Mars, 2003.

BUENO, M. **O grande livro da casa saudável**. São Paulo: Roka, 1995. 280 p.

BUSTAMANTE, G. M.; BRESSIANI, J. C. A indústria cerâmica brasileira. **Revista Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 5, n. 3, p. 31-36, 2000.

CARDOSO, L.; NERBAS, P.; TOMASINI, S. L.; BOECHAT, S. **Paisagismo Protótipo Casa Alvorada**. Trabalho desenvolvido para a disciplina Paisagismo e Meio Ambiente, conduzida pela Prof. Beatriz Fedrizzi. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. UFRGS/NORIE. Porto Alegre, 2003. (Trabalho não publicado).

CEN. COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION. **Acoustics**: Rating of sound insulation in Buildings and of building elements. Part 1: Airborne sound insulation. EM ISO Standard 717-1, 1996.

CEN. COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION. **Acoustics**: Measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 4: field measurements of airborne sound insulation between rooms. EN ISO Standard 140-4, 1998a.

CEN. COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION. **Acoustics**: Measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 5: field measurements of façade elements and façades. EN ISO Standard 140-5, 1998b.

CHIARELLI, L. M. A.; NERBAS, P.; MAGRO, M. L. **Paisagismo permacultural**. Trabalho desenvolvido para a disciplina Comunidades Sustentáveis em Prática. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. UFRGS/NORIE. Porto Alegre, 2005. (Trabalho não publicado).

CHING, E. D. K. **Dicionário visual de Arquitetura**. Tradução de Julio Fischer. São Paulo: Martins Fontes, 1999. Título original: "Visual Dictionary of Architecture".

CIB. International Council for Building Research Studies and Documentation. **Agenda 21 on Sustainable Construction**. Report Publication 237. The Netherlands. July 1999. 131 p.

CIB & UNEP-IETC. International Council for Building Research Studies and Documentation and United Nations Environment Programme/International Environmental Technology Centre. **Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries**: a discussion document. CSIR, Pretoria, 2002. 82 p.

CÍRICO, L.A. A importância do projeto no desenvolvimento de espaços das áreas privativas dos apartamentos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, ENTAC-2002. **Anais...** Foz do Iguaçu, Paraná, 2002.

COELHO, A. B.; CABRITA, A. R. **Espaços exteriores em novas áreas residenciais**. Série Habitação. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1992.

COLOMBO, C. R. **Princípios teórico-práticos para formação de engenheiros civis**: em perspectiva de uma construção civil voltada ao desenvolvimento sustentável. 2004. 338 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

COMETTA, Emilio. **Energia solar**: utilização e empregos práticos. São Paulo: Hemus, 1978.

COMITÊ BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO CIVIL. **Projeto de Norma**: Iluminação natural. 1988. Disponível em: <<http://www.labeec.ufsc.br>>. Acesso em: 10 jul. 2003.

COSTA FILHO, A.; BONIN, L. C.; SATTTLER, M. A. Tecnologias sustentáveis em habitações destinadas à população de baixa renda. In: ENTAC 2000 - ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., Salvador, Bahia. **Anais...** Brasil, 2000.

CURWELL, S; HAMILTON, A. Towards sustainable urban development: identifying the role for the development and construction industry professional - The work of BEQUEST. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 1., 18-21 nov. 1997, Canela, RS. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 1997. p. 339-350.

DANIEL, A. **Estudo fitossociológico arbóreo arbustivo da mata ripária da bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, RS**. 1992. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1992.

DAY, C. **Places of the soul**: architecture and environmental design as a healing art. Oxford: Thorsons, 1999. 192 p.

DELLA NOCE, L. G. D. et al. Estudo de caso na fabricação de janela de madeira para habitação: análise da produção e apropriação dos custos. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 6., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: IBRAMEM, 1998. p. 141-149.

DEP. DEPARTAMENTO DE ESGOTOS PLUVIAIS; PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. Dados pluviométricos diários de 1991 a 2002. Arquivo: <<Registros_Pluviômetro.zip>> [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por: <rafamano@3c.arq.br> em 29 maio 2003.

DMAE. DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUAS E ESGOTOS; PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. Banco de dados disponível em: <<http://www.portoalegre.rs.gov.br/dmae/interna.asp?mst=51&proj=259&sec=753&m1=5922>>. Acesso em: 27 nov. 2003

DUTRA, L. **Uma metodologia para a determinação do fator solar desejável em aberturas**. 1994. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1994.

EBN. Environmental Building News. **Establishing Priorities with Green Building**, v. 4, n. 5, Sept./Oct. 1995. Disponível em: <<http://www.buildinggreen.com/features/4-5/priorities.html>>. Acesso em: 21 nov. 2000.

EMBRATER. Serviço de Extensão Rural, Ministério da Agricultura. **Fichário de tecnologias adaptadas**. Brasília, Embrater, 1980.

ERCOLE, L.A. S. **Sistema modular de gestão de águas residuárias domiciliares**: uma opção mais sustentável para a gestão de resíduos líquidos. 2002. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

EVANS, M.; SCHILER, S. **Diseño bioambiental y arquitectura solar**. Universidad de Arquitectura e Urbanismo de Buenos Aires, Buenos Aires, 1989. 186 p.

FERNANDES, A. G. **Esquadrias residenciais em madeira**: constextualização de variáveis para otimização de projetos. 2004. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

FERRARI, A.; CHIARELLI, L.; ILLANES, C.; MUSSKOPE, D.; ZANIN, N. Z. **Avaliação da percepção dos moradores das casas próximas ao CETHS – Nova Hartz/RS**. Trabalho (não publicado) realizado para a disciplina de Edificações e Comunidades Sustentáveis. NORIE/UFRGS. Porto Alegre, 2005.

FRANCO, I.J. **Ervas e plantas medicinais**: a medicina dos simples. Chapecó: Imprimax, 199-.

FREUDENBERGER, D.; WEGRZYN, V. Growth, form, and productivity. In: LYLE, J.T. (Org.). **Regenerative design for sustainable development**. New York: John Wiley & Sons, 1994. Chapter 7, p. 187-223.

GIBBERD, J. **Integrating sustainable development into briefing and design processes of buildings in developing countries: an assessment tool.** 2003. Doctorate Thesis. Faculty of Engineering, Built Environment and Information Technology, University of Pretoria, South Africa, 2003.

GIVONI, B. Confort, climate analysis and building design guidelines. **Energy and Building**, v. 18, p. 11-23, 1992.

GORDON, D. **Green cities: ecologically sound approaches to urban space.** Montreal: Black Rose Books, 1990.

GRIGOLETTI, G. C. **Caracterização de impactos ambientais de indústrias de cerâmica vermelha do Estado do RS.** 2001. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

GRIGOLETTI, G. C. **Contribuição para a avaliação de desempenho higrotérmico de habitações térreas unifamiliares de interesse social para Porto Alegre.** 2007. 300 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

HANSEN, M. D. A. **Padrões de consumo de energia elétrica em diferentes tipologias de edificações residenciais em Porto Alegre.** 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

ICE. INSTITUTO DE LA CONSTRUCCION DE EDIFICIOS. **Manual de aberturas: especificaciones y control.** Montevideo: [s. n.], 1988a.

ICE. INSTITUTO DE LA CONSTRUCCION DE EDIFICIOS. **Manual de aberturas: definiciones y planillado.** Montevideo: [s. n.], 1988b.

IIZUKA, M. T.; HACHICH, V. F. Instalação de esquadrias sem contramarco. **Téchne**, São Paulo, ano 10, n. 63, p. 49-52, jun. 2002.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouses Gas Inventories: Reference Manual.** Geneva, 1996. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6.htm>>. Acesso em: 5 dez. 2005.

IPT. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Fichas de características das madeiras brasileiras.** São Paulo, 1989.

JOHNSON, H. **La madera.** Barcelona: Blume, 1994.

KIRCHHEIM, A. P.; MANFREDINI, C.; RESCHKE, J.; MAIA, M. A. L.; GUERREIRO, M. **Centro Comunitário para o Projeto CETHS: anteprojeto, considerações de uso e memorial descritivo.** Trabalho (não publicado) realizado para a disciplina de Edificações e Comunidades Sustentáveis. NORIE/UFRGS, Porto Alegre, 2001.

KOBIYAMA, M.; HANSEN, S. Vantagens da utilização do sistema de coleta de água da chuva sob o ponto de vista dos aspectos hidrológico e econômico: estudo de caso em Florianópolis – SC. In: KOBIYAMA, M.; USHIWATA, T. C.; AFONSO, A. M. (Org.) **Aproveitamento da água da chuva.** Curitiba: Organic Trading, 2002. cap. 5.

KRÜGER, E. L.; DUMKE, E. M. S. Avaliação integrada da Vila Tecnológica de Curitiba. **Tuiuti Ciência e Cultura**, Curitiba, v. 25, n. 3, p. 63-82, 2001. Disponível em: <http://www.utp.br/documentos/Avaliação_integrada_-_Vila_Teconológica.doc>. Acesso em: 10 out. 2004.

KUHN, E. A. Avaliação ambiental do protótipo de habitação de interesse social Alvorada. 2006. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

KUHN, E. A.; PROFES, M. B.; ZANIN, N. Z. **Aquecedor multiuso.** Trabalho desenvolvido para a disciplina Comunidades Sustentáveis em Prática. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. UFRGS/NORIE. Porto Alegre, 2005. (Trabalho não publicado).

LAMBERTS, R.; PEREIRA, F.; DUTRA, L. **Eficiência energética na arquitetura.** São Paulo: PW, 1997. 192 p.

LAWSON, B. **Building materials, energy and the environmental imperative:** towards ecologically sustainable development. Australia: The Royal Australian Institute of Architects, 1996. 135 p.

LIPPIATT, B. C. **BEES 1.0:** building for environmental and economic sustainability technical manual and user guide. United States of America: U.S. Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology, 1998.

LIPPIATT, B. C. **BEES 2.0 – Building for Environmental and Economic Sustainability:** technical manual and user guide. United States of America: U.S. Department of Commerce. National Institute of Standards Technology, Jun. 2000. 140 p.

LITTLER, J.; THOMAS, R. **Design with energy:** the conservation and use of energy in buildings. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

LÖBACH, B. **Design industrial:** bases para a configuração dos produtos. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

LONGHI, R. A. **Livro das árvores:** árvores e arvoretas do Sul. Porto Alegre: L&PM, 1995.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992.

LORENZI, H. **Plantas ornamentais no Brasil**: arbustivas, herbáceas e trepadeiras. Nova Odessa: Plantarum, 1995.

LUIZ, Adir M. **Como aproveitar a energia solar**. São Paulo: Edgar Blücher, 1985.

LYLE, J.T. **Regenerative design for sustainable development**. New York: John Wiley & Sons, 1994. 338 p.

LYLE, J.T. Green infrastructure. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 1., 18-21 nov. 1997, Canela, RS. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 1997. p. 301-308.

MACINTYRE, A. J. **Instalações hidráulicas**: prediais e industriais. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, 1996.

MACOMBER, P. S. H. **Guidelines on rainwater catchment systems for Hawaii**. College of Tropical Agriculture and Human Resources. Manoa: University of Hawaii at Manoa, 2001. Disponível em: <<http://www2.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/RM-12.pdf>>. Acesso em: 9 abr. 2003.

MADEIRA de eucalipto na construção. Eucalipto a madeira do futuro. **Revista da Madeira**, Curitiba: Lettech, set. 2001. p. 100-102. Edição especial.

MALARD, M. L.; CONTI, A.; SOUZA, R. C. F.; CAMPOMORI, M. J. L. **Avaliação pós-ocupação, participação de usuários e melhoria de qualidade de projetos habitacionais**: uma abordagem fenomenológica. São Paulo, SP, 2002. p. 242-267.

480 MANFREDINI, C. **Caracterização de impactos ambientais de indústrias de cerâmica vermelha do Estado do RS**. 2002. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

MANFREDINI, C.; BEVILACQUA, D.; MAIA, M. A. L. **Avaliação do Protótipo Habitacional nº 2, do Projeto CETHS, sob os enfoques de ventilação e insolação**. Porto Alegre, 2004. (Trabalho não publicado).

MANO, R. S. **Captação residencial de água da chuva para fins não potáveis em Porto Alegre**: aspectos básicos da viabilidade e benefícios do sistema. 2004. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

MANUAL técnico de instalações hidráulicas e sanitárias. São Paulo: Pini, 1987.

- MASCARÓ, Juan L. **Infra-estrutura habitacional alternativa**. Porto Alegre: Sagra, 1991. 223 p.
- MASCARÓ, J. L. **Manual de loteamentos e urbanização**. Porto Alegre: Sagra; DC Luzzatto, 1994.
- MASCARÓ, J. L. **O custo das decisões arquitetônicas**. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1998. 180 p.
- MASCARÓ, Lúcia. **Energia na edificação: estratégias para minimizar seu consumo**. 2. ed. São Paulo: Projeto, 1991.
- MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. **Cradle to cradle: remaking the way we make things**. New York: North Point Press, 2002. 196 p.
- MIRON, L. **Projeto luminotécnico para o Protótipo Alvorada**. In: Projeto Protótipo de Habitação Sustentável - Município de Alvorada. UFRGS/NORIE. Porto Alegre, 1999. Relatório Final. (Trabalho não publicado).
- MITIDIERI, C. V.; CAVALHEIRO, W. Desenvolvimento de sistema construtivo em “painéis cerâmicos”. In: TECNOLOGIA DE EDIFICAÇÕES. Projeto de divulgação tecnológica Lix da Cunha. São Paulo: PINI; Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). Divisão de Edificações, 1988. p. 175-178.
- MOLLISON, B. **Permaculture: a designer's manual**. Tyalgum: Tagari, 1998.
- MOLLISON, B.; SLAY, R. M. **Introdução à permacultura**. Projeto Novas Fronteiras da Cooperação para o Desenvolvimento Sustentável. Brasília: MA/SDR/PNE, 1998. 204 p.
- MONTENEGRO, G. A. **Ventilação e cobertas: estudo teórico, histórico e descontraído**. São Paulo: Blücher, 1984.
- MORAES, D. **Limites do design**. 2. ed. São Paulo: Studio Nobel, 1999.
- MORELLO, A. **Avaliação do comportamento térmico do protótipo habitacional Alvorada**. 2005. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- MORELLO, A.; BEVILACQUA, D.; GRIGOLETTI, G. C. **Análise do Protótipo Alvorada e propostas de alterações visando o melhor desempenho visual, funcional e térmico da edificação**. Trabalho desenvolvido para a disciplina de Conforto Ambiental II. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2004. (Trabalho não publicado).
- MORELLO, A.; GRIGOLETTI, G. C.; BARROSO, A.; MANFREDINI, C.; SATTLER, M. A. Environmental comfort perception in the Alvorada sustainable low cost house. In: PLEA 2003 CONFERENCE - CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 20. **Proceedings...** Santiago, Chile: 9-12 Nov. 2003. CD-ROM.

MORETTI, R. S. **Normas urbanísticas para habitações de interesse social**: recomendações para elaboração. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1997.

MSN MAPS & DIRECTIONS. Disponível em: <[http://maps.msn.com/\(tdmmshzrchvurv55qj0fmurs\)/map.aspx?L=USA&C=52.29999924,4.76999998&A=70&redirect=false](http://maps.msn.com/(tdmmshzrchvurv55qj0fmurs)/map.aspx?L=USA&C=52.29999924,4.76999998&A=70&redirect=false)>. Acesso em: 12 dez. 2005.

MUSSKOPF, D. **Coletor solar de baixo custo**. Trabalho desenvolvido para a disciplina Comunidades Sustentáveis em Prática. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. UFRGS/NORIE. Porto Alegre, 2005. (Trabalho não publicado).

NABINGER, L. B. **Avaliação do desempenho acústico de uma casa térrea, construída a partir do enfoque da sustentabilidade**. Trabalho não publicado produzido para atendimento de disciplina Conforto Acústico, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS, 2006. 23 p.

NAVEIRO, R. M.; OLIVEIRA, V. F. **O projeto de engenharia, arquitetura e desenho industrial**: conceitos, reflexões, aplicações e formação profissional. Juiz de Fora: Ed. da UFJE, 2001.

NUTTAL, Carolyn. **Agrofloresta para crianças**: uma sala de aula ao ar livre. Tradução de Rogério C. E. Santo. Lauro de Freitas: Instituto de Permacultura da Bahia, 1999.

OHNUMA, D. K. et al. Levantamento e avaliação das técnicas e procedimentos mais comuns de esquadrias de madeira em canteiro de obras na cidade de São Carlos. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 6., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: IBRAMEM, 1998. p. 163-172.

OLIVEIRA, D. **Contribuições para a avaliação ambiental de subsistemas de cobertura de edificações de interesse social**. 2005. 172 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

OLIVEIRA, Y. **Uso do balanço hídrico seriado para o dimensionamento de estruturas de coleta e armazenamento de água das chuvas**. 2003. Dissertação em elaboração (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

PAIM, Flávio; CHAVES, Otávio U. **Habitações auto-sustentadas**: diretrizes permaculturais COOMETAL. Porto Alegre: ARCOO, 1995. 77 p.

PEREIRA, F. O. R.; KREMER, A.; KUCHENBECKER, L. C. Uma investigação sobre a adequação climática de habitações de interesse social. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8. **Anais...** Salvador, Bahia, 2000.

- PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de construção**. 5. ed. Porto Alegre: Globo, 1980. 435 p.
- PIZZATO, C. C. **Os campos eletromagnéticos artificiais aplicados à metodologia do projeto arquitetônico**. 2002. 259 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- POL, G. L. Qualidade do ar em ambientes internos. **Finestra Brasil**, São Paulo, ano 2, n. 6, p. 96-99, jul./set. 1996.
- PORTO ALEGRE. Lei Complementar n.º 284, de 27 de outubro de 1992. **Código de Edificações de Porto Alegre**. 4. ed. Porto Alegre: Corag, 1999.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. **Lei complementar n.º 284/92**: código de edificações de Porto Alegre. 4. ed. Porto Alegre: Corag, 1992.
- PRINZ, D. **Urbanismo II** - configuração urbana. Lisboa: Presença, 1980.
- PROSAB. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro, 1999.
- QUALHARINI, Eduardo L.; ANJOS, Flávio C. **O projeto sem barreiras**. Niterói: Eduff, 1997.
- REBOUÇAS, A. C. Estratégias para se beber água limpa. In: **O Município no Século XXI: Cenários e Perspectivas**. Cepam & Correios, São Paulo, 1999. p. 199-215.
- REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Itajaí, Herbário Barbosa Rodrigues, 1983.
- RIBEIRO, A. G. Adesivos para madeira: visão geral dos produtos encontrados no mercado brasileiro. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 4., São Carlos, julho 1992. **Anais...** São Carlos: LAMEM e ESC/USP, 1992. 5 v.
- RIVERO, R. **Arquitetura e clima**: condicionamento térmico natural. Porto Alegre: D.C. Luzzato, 1986.
- ROLEY, W. Apostila do curso Permacultura. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 1. **Anais...** Canela, 1997.
- ROMAN, H.; GLEIZE, P. Possibilidades de utilização de resíduos pela indústria cerâmica. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 1998. Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Foz do Iguaçu: InfoHab/LabEEE, 2002.

ROSA, F. F. **Contribuições ao conhecimento das comunidades vegetais da planície de inundação do Rio dos Sinos, RS**. 1997. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

ROSA, F. F.; IRGANG, B. E. **Comunidades vegetais de um segmento da planície de inundação do rio dos Sinos/RS**. Departamento de Botânica, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ROSA, R. **Geobiologia**: la medicina del hábitat. Valencia, Espanha: Terapión, 1994. 229 p.

ROSA, T. F.; SEDREZ, M. M.; SATTLER, M. A. Conforto ambiental em um contexto de sustentabilidade: o Protótipo Alvorada. **Ciência & Ambiente**: Conforto Ambiental, Santa Maria, v. 1, n. 22, p. 90-106, 2001.

RUMO ao desempenho. Caderno de especificação: esquadrias. **Projeto e construção**, São Paulo: ProEditores, n. 1, p. 4-5, mar. 1990.

RUSKIN, R. H. Coleta de água em cisternas - 2ª parte: dependências do gotejamento. **Água Latinoamérica**, México, DF, v. 1, n. 3, set./out. 2001b.

SACHS, I. **Estratégias de transição para o século XXI**: desenvolvimento e meio ambiente. São Paulo: Studio Nobel, Fundação do Desenvolvimento Administrativo, 1993.

SANCHOTENE, M. C. C. **Fruteiras nativas úteis à fauna na arborização urbana**. Porto Alegre: Feplam, 1989.

SANCHOTENE, M. C. C. (Coord.). **Plano diretor de arborização de vias públicas**. Porto Alegre: Secretaria Municipal do Meio Ambiente, 2000.

SANTIAGO, A. J. **Concepção de aberturas em madeira na construção do espaço**. Florianópolis, SC: UFSC, 1996. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 1996.

SANTOS, A. O.; RICHTER, C.; KUHN, E. A.; PROFES, M. B.; MAGRO, P. F.; SATTLER, M. A. Environmental comfort perception in the Alvorada sustainable low cost house: Second Post Occupancy Evaluation. In: PLEA2006 - THE CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 23. **Proceedings...** Geneva, Switzerland, 6-8 September 2006.

SÃO PAULO, GOVERNO ESTADUAL; SECRETARIA DE OBRAS E DO MEIO AMBIENTE; COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Drenagem urbana**: manual de projeto. São Paulo, 1979. 467 p.

SATTLER, M.A. **A computer program for the thermal design of unconditioned buildings**. Building Science Report BS 81. Sheffield: University of Sheffield, Department of Building Science, 1986.

SATTLER, M.A. **Dias climáticos típicos para o projeto térmico de edificações em Porto Alegre**. Porto Alegre: CIENTEC, 1989. 38 p. (Boletim Técnico, 9).

SATTLER, M.A. Sustainable communities: teaching and design activities at NORIE. In: CIB SYMPOSIUM ON CONSTRUCTION & ENVIRONMENT - THEORY INTO PRACTICE. **Proceedings...** São Paulo, 2000.

SATTLER, M.A. et al. **Projeto Alvorada**. Porto Alegre: NORIE/UFRGS, 1999.

SATTLER, M.A. et al. **Environmental comfort perception in the Alvorada Sustainable Low Cost House**. PLEA 2003, n. 86.

SATTLER, M.A.; BALDONI, V. S.; BRITO, C. W.; CENTENO, C. V.; GRIGOLETTI, G. C.; JATAHY, C. C.; ROSA, T. F.; SEDREZ, M. M.; TOMASINI, S. L. V. Estratégias sustentáveis para o Refúgio Biológico Bela Vista, em Foz do Iguaçu. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 3. **Anais...** São Carlos, SP, 2003a. CD-ROM.

SATTLER, M.A.; COSTA FILHO, A.; BONIN, L. C. A low cost sustainable house. In: PLEA 2000 CONFERENCE - ARCHITECTURE, CITY, ENVIRONMENT, 16. **Proceedings...** Cambridge, UK, 2000. p. 187-191.

SATTLER, M.A.; ROSA, T. F.; SEDREZ, M. M.; SPERB, M. R. Aplicação de tecnologias sustentáveis em um conjunto habitacional de baixa renda. In: FORMOSO, Carlos; INO, Akemi (Org.). **Inovação, gestão da qualidade e produtividade e disseminação do conhecimento na construção habitacional**. Coletânea Habitare. Porto Alegre: ANTAC, 2003b. v. 2, p. 40-67.

SATTLER, M.A.; SPERB, M. R. Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis: histórico, estágio atual e perspectivas futuras. In: ENCONTRO NACIONAL, 2., e ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 1. Canela, 2001. **Anais...** Porto Alegre, 2001a. p. 193-200.

SATTLER, M.A.; SPERB, M. R. Experimental centre for sustainable housing technologies. In: PLEA 2001 CONFERENCE - RENEWABLE ENERGY FOR A SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE BUILT ENVIRONMENT. **Proceedings...** Florianópolis, 2001b. p. 1107-1108.

SCARDOELLI, L. S. et al. Desenvolvimento e integração de projetos. In: _____. **Melhorias de qualidade e produtividade**: iniciativas das empresas de construção. Porto Alegre: Sebrae, 1994.

SEYMOUR, John. **Guia prático da auto-suficiência**. São Paulo: Martins Fontes, 1986.

SILVA, E. **Geometria funcional dos espaços da habitação**: contribuição ao estudo da problemática da habitação de interesse social. Porto Alegre: Ed. da Universidade, 1982.

SILVA, V. G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros**: diretrizes e base metodológico. 2003. 210 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SILVEIRA, A. **Análise dias secos** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por: <rafamano@3c.arq.br> em 14 out. 2003.

SOARES, A. Village homes: design como origem de um processo sustentável. **Revista Permacultura Brasil**, ano I, n. 2, p. 32-33, 1998.

SOARES, D. A. P. F.; SOARES, P. F.; PORTO, M. F. A. A reutilização das águas residuárias em edificações: projeto e análise qualitativa e quantitativa. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 1., 18-21 nov. 1997, Canela, RS. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 1997.

SOUZA, R.; MEKBEKIAN, G. **Qualidade na aquisição de materiais e execução de obras**. São Paulo: Pini, 1996.

SPERB, M. R. **Avaliação de tipologias habitacionais a partir da caracterização de impactos ambientais relacionados a materiais de construção**. 2000. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

SPERB, M. R.; BONIN, L. C.; SATTTLER, M. A. **Estudo de materiais ecológicos e de baixo custo para moradias populares no município de Alvorada**. Relatório de Pesquisa (não publicado), UFRGS/NORIE, Porto Alegre, 1998.

STONER, Carol H. **A produção de sua própria energia**. Lisboa: Cetop, 1974.

SUDENE/ITEP. **Conservação de energia no setor industrial** - 01 cerâmica vermelha. Recife: SUDENE/ITEP, 1988. 113 p.

SZOKOLAY, S. V. **Energía solar y edificación**. Barcelona: Blume, 1978.

SZOKOLAY, S. V. **Environmental science handbook**: for architects and builders. London: Pitman Press, 1980. p. 77-174.

- SZOKOLAY, S. V. The environmental imperative. In: INTERNATIONAL CONFERENCE IN PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE - PLEA, 14., 1997. Kushiro. **Proceedings...** Kushiro: PLEA, 1997. v. 1, p. 3-12.
- SZUBERT, E. C. **Potencial hídrico subterrâneo do município de Nova Hartz – RS.** Porto Alegre: CPRM/METROPLAN, 1994.
- TAPIA, R. S. E. C.; VILLAR, S. C.; HENRIQUE Jr., M. F.; RODRIGUES, J. A. P.; FERREIRA Jr., J. A. **Manual para a indústria de cerâmica vermelha.** Rio de Janeiro: SEBRAE/RJ, 2000. 90 p.
- TASSI, R. **Efeito dos microrreservatórios de lote sobre a macrodrenagem urbana.** 2002. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- TAVARES, S. G.; BALTAR, M. G. **Avaliação da iluminação natural interna do Protótipo Habitacional Alvorada.** UFRGS/NORIE. Trabalho de aula. Porto Alegre, 2005. (Trabalho não publicado).
- TCPO 12. **TABELAS DE COMPOSIÇÕES DE PREÇOS PARA ORÇAMENTOS.** São Paulo: Pini, 2003.
- TODD, N.; TODD, J. **From eco-cities to living machines: principles of ecological design.** Berkeley: North Atlantic Books, 1994.
- TOMAZ, P. **Economia de água para empresas e residências: um estudo atualizado sobre o uso racional da água.** São Paulo: Navegar, 2001.
- TONDELLO, Gilmar. **Composteira, coletor solar, horta comunitária:** In: Chácara da fumaça e propostas sustentáveis. Disciplina de Edificações e Comunidades Sustentáveis, CPGEC, UFRGS, 1998.
- TRIKEM. **Esquadrias de PVC: tecnologia, especificação, projetos.** São Paulo: ProEditores, 2000.
- UBER, L. L. **A climatologia aplicada ao ambiente construído: uma contribuição à caracterização climática de Porto Alegre/RS.** 1992. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993.
- UEMOTO, K. L.; AGOPYAN, V. Environmental impact of architectural paints. In: SUSTAINABLE BUILDING 2002, Sept. 23-25 2002, Oslo, Norway. **Proceedings...** The Norwegian Ecobuild Program, 2002.
- UFRGS. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL; PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE; INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas Ambiental de Porto Alegre.** Porto Alegre: Editora da Universidade, 1998.

URIARTT, A. A. A madeira como material de construção. In: BAUER, L. A. Falcão (Coord.). **Materiais de construção 2**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999. cap. 17, p. 437-525.

VALE, B.; VALE, R. **Green architecture: design for an energy conscious future**. Boston: Bulfinch, 1991.

VALE, B.; VALE, R. **The new autonomous house**. London: Thames & Hudson, 2000.

VERÇOZA, E. J. **Materiais de construção**. 3. ed. Porto Alegre: Sagra, 1987. v. I e II.

VIANNA, Nelson Solano; GONÇALVES, Joana Carla. **Iluminação e arquitetura**. São Paulo: Virtus, 2001. 326 p.

VIEIRA, Márcio I. **Criação de minhocas**. São Paulo: Nobel, 1986.

WACKERNAGEL, M.; REES, W. **Our ecological footprint**. Canada: New Society Publishers, 1962.

YAZIGI, W. **A técnica de edificar**. São Paulo: Pini, 1997.

YUBA, A. N. **Cadeia produtiva de madeira serrada de eucalipto para a produção sustentável de habitações**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - CPGEC, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

YUBA, A. N.; NUNES, M. F.; FAVARETTO, M. H. Z.; KLUWE, R. **Avaliação de iluminação natural em protótipo de unidade habitacional: área do Horto Florestal do Município de Alvorada - RS**. UFRGS/NORIE. Porto Alegre, 1999. (Trabalho não publicado).

ZEH, W. Tecnologia de tratamento superficial para madeira. **Revista da Madeira**, São Paulo, ano 25, n. 289, p. 22-31, jan. 1976.

ZENID, G. J. Qualidade da madeira para a construção civil. **Revista da Madeira**, São Paulo, ano 11, n. 62, p. 70-74, fev. 2002.