

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Bruno Henrik Quintana Barletta**

**ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DE CONFORTO DOS USUÁRIOS EM  
CONJUNTOS HABITACIONAIS DE ALVENARIA ESTRUTURAL E DE  
PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS NO LOCAL**

Porto Alegre  
julho 2019

**BRUNO HENRIK QUINTANA BARLETTA**

**ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DE CONFORTO DOS USUÁRIOS  
EM CONJUNTOS HABITACIONAIS DE ALVENARIA  
ESTRUTURAL E DE PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS  
NO LOCAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de  
Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia  
da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos  
requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientadora: Cristiane Sardin Padilla de Oliveira**

Porto Alegre

julho 2019

**BRUNO HENRIK QUINTANA BARLETTA**

**ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DE CONFORTO DOS USUÁRIOS  
EM CONJUNTOS HABITACIONAIS DE ALVENARIA  
ESTRUTURAL E DE PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS  
NO LOCAL**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pela Professora Orientadora e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, julho de 2018

Profa: Cristiane Sardin Padilla de Oliveira  
Dra. pela PPGEC/UFRGS  
Orientadora

**BANCA EXAMINADORA**

**Profa: Cristiane Sardin Padilla de Oliveira (UFRGS)**  
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Prof. José Alberto Azambuja (UFRGS)**  
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Prof. Daniel Tregnago Pagnussat (UFRGS)**  
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul



Dedico este trabalho aos meus pais Luciana e Fernando que me apoiaram incansavelmente para a obtenção desta conquista e o amor e educação me dado ao longo da vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente à minha orientado Cristiane Sardin Padilla de Oliveira pelo tempo despendido ao longo do semestre e para que este trabalho fosse possível.

Não menos importante, gostaria de agradecer a todos os professores desta universidade que me proporcionaram todo o conhecimento adquirido ao longo de suas vidas profissionais.

Gostaria de agradecer também à Universidade Federal do Rio Grande do Sul pela educação pública de qualidade proporcionada a mim e à sociedade.

Gostaria de agradecer a minha avó Iari e a minha Tia Luciane que sempre estiveram presentes em minha vida e minha formação educacional desde criança.

Gostaria de agradecer aos meus avós Luiz e Mariana, que mesmo não estando mais nesta vida, foram extremamente importantes na minha formação e estão muito felizes por mim lá do céu.

Gostaria de agradecer a todos os meus amigos Ana Gamarra, Arthur Ceolin, Bruno Mondini, Eduardo Freitas, Henrique Lang, João Torres, Juliano Neme, Leonardo Goldoni, Leonardo Martini, Maurício Lourenço que a Universidade me deu durante esses anos de curso que levarei para toda a vida.

Gostaria de agradecer também a todos os meus familiares que sempre estiveram me apoiando durante o período de graduação.

Julgue seu sucesso pelas coisas que você teve que  
renunciar para conseguir.

*Dalai Lama*

## RESUMO

O aumento populacional ocasionado desde o início do século XX tem gerado uma alta demanda por moradias, principalmente para a população de menor poder aquisitivo. Este fato começou a ocorrer desde a abolição da escravatura e massificado pela população imigrante que desembarcou no Brasil por volta dos anos 1900. Com isso o governo brasileiro se viu obrigado a criar políticas habitacionais para suprir esse problema habitacional que se alastrava pelas grandes cidades brasileiras. Contudo, estas políticas muitas vezes se mostraram falhas quando analisados os resultados obtidos. Mais recentemente observa-se a criação do Programa Minha Casa Minha Vida, sendo um aperfeiçoamento das políticas já praticadas anteriormente, porém sendo iniciada em um período em que o país se situava em um viés de crescimento econômico. Este programa completou 10 anos no mês de março e este trabalho buscou analisar a qualidade com relação à percepção de conforto térmico das moradias construídas através deste programa. Analisando-se os dois métodos construtivos mais empregado na construção de conjuntos habitacionais de interesse social possibilitou uma relação entre ambos os métodos no que tange ao conforto térmico proporcionado aos usuários. Com os valores dos parâmetros físicos dos componentes construtivos dos dois conjuntos habitacionais analisados neste estudo de caso, e o resultado do questionário aplicado aos moradores destes conjuntos, foi possível perceber também que as edificações construídas em paredes de concreto estão mais suscetíveis a não atenderem a necessidade de conforto térmico do que as edificações construídas em alvenaria de blocos de concreto.

Palavras-chave: Conforto térmico, NBR 15.575, NBR 15.220, paredes de concreto, alvenaria estrutural.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma de desenvolvimento de pesquisa.....	14
Figura 2 – Edificação de parede de concreto com forma de alumínio.....	25
Figura 3 – Sistema de forma mista.....	27
Figura 4 – Sistema de formas metálicas.....	28
Figura 5 – Sistema de forma de madeira.....	29
Figura 6 – Posicionamento de espaçadores.....	31
Figura 7 – Projeto de forma (parede).....	32
Figura 8 – Projeto de forma (teto).....	33
Figura 9 – Posicionamento correto das juntas verticais.....	41
Figura 10 – Inércia térmica de um determinado material.....	51
Figura 11 – Carta bioclimática.....	54
Figura 12 – Zoneamento bioclimático brasileiro.....	55
Figura 13 – Zona bioclimática e carta bioclimática: zona 3.....	56
Figura 14 – Condomínio parede de concreto.....	59
Figura 15 – Condomínio alvenaria estrutural de bloco de concreto.....	60
Figura 16 - Separação dos apartamentos de acordo com orientação solar.....	68
Figura 17 – Gráfico referente à primeira pergunta do questionário.....	73
Figura 18 – Gráfico referente à segunda pergunta do questionário.....	74
Figura 19 – planta do condomínio boulevard das palmeiras.....	75
Figura 20 - gráfico referente à terceira pergunta do questionário.....	76
Figura 21 - gráfico referente à quarta pergunta do questionário.....	77
Figura 22 - gráfico referente à quinta pergunta do questionário.....	78
Figura 23 - gráfico referente à sexta pergunta do questionário.....	79

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação de financiamentos.....	19
Quadro 2 – Estratégias de acordo com as zonas da carta bioclimática.....	54
Quadro 3 – Transmitância Térmica para as zonas bioclimáticas.....	66
Quadro 4 – Capacidade térmica para as zonas bioclimáticas.....	67

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classes de concreto para execução das paredes estruturais.....	24
Tabela 2 – Classificação de unidades de alvenaria.....	37
Tabela 3 – Taxa metabólica para diferentes atividades.....	45
Tabela 4 – Absortância e emissividade para determinados materiais.....	52
Tabela 5 - Propriedades térmicas dos sistemas construtivos.....	64
Tabela 6 – Subpopulações condomínio paredes de concreto.....	69
Tabela 7 – Dados para determinar a amostra.....	70
Tabela 8 – Resultados das entrevistas de acordo com a orientação solar parte 1 .....	71
Tabela 9 – Resultados das entrevistas de acordo com a orientação solar parte 2 .....	72

## **LISTA DE SIGLAS**

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland

ABESC - Associação Brasileira de Serviços de Concretagem

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BNH – Banco Nacional de Habitação

CLT - Consolidação das Leis do Trabalho

FCP – Fundação da Casa Popular

FGTS - Fundo de Garantia por Tempo de Serviço

IBTS - Instituto Brasileiro de Tela Soldada

PAIH - Plano de Ação Imediata para a Habitação

PAC – Plano de Ação do Crescimento

PMCMV – Programa Minha Casa Minha Vida

PIB – Produto Interno Bruto

SFH - Sistema Financeiro de Habitação

SINAT - Sistema Nacional de Avaliações Técnicas

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## LISTA DE SÍMBOLOS

A – área

$\lambda$  - condutividade térmica

e - espessura do elemento no sentido transversal ao fluxo de calor (m)

c - calor específico do material

q - densidade do fluxo de calor

U - transmitância térmica

$\Delta t$  - diferença de temperatura entre ambiente externo e interno

$\rho$  - densidade do elemento

n - número de camadas de elementos

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2 DIRETRIZES DE PESQUISA.....</b>	<b>12</b>
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA.....	12
<b>2.2.1 Objetivo Principal.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2.2 Objetivo Secundário.....</b>	<b>12</b>
2.3 DELIMITAÇÕES.....	13
2.4 LIMITAÇÕES.....	13
2.5 DELINEAMENTO.....	13
<b>3 HABITAÇÃO POPULAR NO BRASIL.....</b>	<b>15</b>
3.1 CONTEXTO HISTÓRICO DA HABITAÇÃO POPULAR NO BRASIL.....	15
3.2 PRIMEIROS PROGRAMAS DE HABITAÇÃO POPULAR.....	16
3.3 TRANSIÇÃO DO GOVERNO MILITAR PARA A REDEMOCRATIZAÇÃO.....	17
3.4 PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA.....	19
3.5 EVOLUÇÃO DA CONSTRUÇÃO NO CENÁRIO BRASILEIRO	20
<b>4 PADRÕES CONSTRUTIVOS EM HABITAÇÃO POPULAR.....</b>	<b>22</b>
4.1 PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS NO LOCAL.....	22
<b>4.1.1 Histórico no Brasil.....</b>	<b>22</b>
<b>4.1.2 Características do sistema construtivo.....</b>	<b>23</b>
<b>4.1.3 Materiais Utilizados.....</b>	<b>26</b>
4.1.3.1 Formas.....	26
4.1.3.2 Concreto.....	29
<b>4.1.4 Processo executivo.....</b>	<b>30</b>
4.2 ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS DE CONCRETO.....	34
<b>4.2.1 Histórico no Brasil.....</b>	<b>34</b>
<b>4.2.2 Características do sistema construtivo.....</b>	<b>34</b>
<b>4.2.3 Materiais utilizados.....</b>	<b>36</b>
4.2.3.1 Unidades de Alvenaria.....	37
4.2.3.2 Argamassa de assentamento.....	38
4.2.3.3 Graute.....	39
4.2.3.4 Armadura.....	40
<b>4.2.4 Processo executivo.....</b>	<b>40</b>
4.3 DESEMPENHO TÉRMICO.....	43

<b>4.3.1 Processo de trocas térmicas.....</b>	<b>44</b>
4.3.1.1 Condução.....	45
4.3.1.2 Convecção.....	45
4.3.1.3 Radiação.....	46
<b>4.3.2 Propriedades térmicas.....</b>	<b>46</b>
4.3.2.1 Condutividade Térmica $\lambda$ .....	46
4.3.2.2 Resistência Térmica.....	47
4.3.2.3 Transmitância térmica.....	48
4.3.2.4 Densidade de Fluxo de Calor.....	48
4.3.2.5 Fluxo de Calor.....	49
4.3.2.6 Capacidade Térmica.....	49
4.3.2.7 Inércia térmica.....	50
4.3.2.8 Absortância e emissividade.....	52
<b>4.3.3 Caracterização climática.....</b>	<b>52</b>
4.3.3.1 Carta bioclimática.....	53
4.3.3.2 Zonas bioclimáticas.....	55
<b>5 ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>58</b>
5.1 Localização das edificações.....	58
5.2 Método utilizado.....	61
5.3 Cálculos dos parâmetros térmicos.....	61
<b>5.3.1 Alvenaria estrutural de blocos de concreto.....</b>	<b>61</b>
<b>5.3.2 Paredes de concreto.....</b>	<b>63</b>
5.4 Recomendações NBR 15.575.....	65
5.5 Estratificação condomínios paredes de concreto.....	67
5.6 Resultados totais das entrevistas.....	70
<b>5.6.1 Análise dos resultados considerando a orientação solar para o condomínio de paredes de concreto.....</b>	<b>71</b>
<b>5.6.2 Análise dos resultados comparando os dois condomínios</b>	<b>73</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>81</b>
6.1 Conclusões.....	81
6.2 Sugestões de trabalhos futuros.....	82
REFERÊNCIAS.....	83
<b>ANEXO A.....</b>	<b>87</b>





# 1 INTRODUÇÃO

A evolução da construção civil tem acelerado nos últimos anos juntamente com a evolução da tecnologia. Desde os primórdios das civilizações a sociedade tem buscado o desenvolvimento de suas construções através de métodos inovadores e materiais capazes de atingir o resultado pretendido. Para isso, foram desenvolvidos diversos materiais e ferramentas para que se permitisse viver abrigado em lugares que proporcionassem segurança e conforto.

Um dos principais fatores que levam o ser humano a se sentir confortável em seu ambiente residencial é a sensação de equilíbrio com a temperatura. Inserindo este contexto no cenário brasileiro, antes dos anos 2000, não tínhamos uma norma adequada que regulasse e direcionasse a construção civil para sistemas construtivos que atingissem um conforto térmico adequado. Visando atender esta lacuna, em 2003 foi publicada a NBR 15.220 (2005a). Outra norma que surgiu após os anos 2000 foi a NBR 15.575 (2013a), que visa adequar as construções em níveis de desempenho, sendo eles nível mínimo, intermediário e superior.

Com o lançamento do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) do governo federal em 2009, devido ao déficit residencial para a população de média e baixa renda, a construção de residências em paredes de concreto e alvenaria estrutural se multiplicaram no Brasil. Este fato ocorreu devido a velocidade de construção e custo reduzido destes métodos construtivos. Porém, muitas destas edificações não apresentam o conforto térmico adequado para seus moradores. Estas habitações devem respeitar as atuais normas brasileiras que cobram um melhor planejamento térmico das edificações. Sendo assim, este trabalho tem por objetivo abordar os métodos construtivos de paredes de concreto e alvenaria estrutural com blocos de concreto com relação ao seu desempenho térmico, visando atender às atuais normas técnicas brasileiras.

Este trabalho também apresenta uma pesquisa sobre a percepção de satisfação com o conforto térmico dos moradores que residem em condomínios executados com os dois sistemas abordados neste trabalho. Os resultados desta pesquisa possibilitaram a comparação entre a percepção dos usuários para cada sistema e qual está atendendo melhor ao cliente final, em relação ao conforto térmico.

## **2 DIRETRIZES DE PESQUISA**

O desenvolvimento deste trabalho está baseado nas diretrizes descritas nos itens logo abaixo.

### **2.1 QUESTÃO DE PESQUISA**

A questão de pesquisa deste trabalho: qual a percepção dos usuários com relação ao conforto térmico perante as atuais normas brasileiras de desempenho, NBR 15575 (ABNT, 2013a) e NBR 15.220 (ABNT, 2005a), considerando dois dos atuais sistemas construtivos utilizados na construção civil de segmento de baixo custo. Estes sistemas são paredes de concreto moldadas no local e alvenaria estrutural com blocos de concreto.

### **2.2 OBJETIVOS DE PESQUISA**

Os objetivos deste trabalho estão divididos em objetivos principal e objetivo secundário conforme descrito logo a seguir.

#### **2.2.1 Objetivo Principal**

Este trabalho tem por objetivo primário a realização de entrevistas com moradores dos dois métodos construtivos para levantar a percepção dos usuários com relação ao conforto térmico do ambiente construtivo. Desta maneira, pode-se traçar uma relação entre edificações de paredes de concreto e alvenaria estrutural de blocos de concreto com relação ao desempenho térmico em moradias de baixo custo voltadas para a população de média e baixa renda. Os métodos construtivos analisados são construções em blocos de concreto que possuem desempenho estrutural e paredes de concreto que são moldadas no local por formas de alumínio.

#### **2.2.2 Objetivo Secundário**

Este trabalho tem por objetivo secundário, calcular os parâmetros térmicos para os dois sistemas analisados. Para isso será levado em consideração informações baseadas em revisões

bibliográficas sobre os materiais utilizados na execução das paredes, bem como em suas diversas camadas de revestimento, tanto para os blocos, quanto para as paredes de concreto.

### 2.3 DELIMITAÇÕES

Este trabalho apresenta como delimitação a análise de obras construídas na cidade de Porto Alegre. Sendo assim, análise considerando características próprias no que tange a zona bioclimática da região, caracterizada pela zona bioclimática de número 3 em um universo de 8 zonas que abrangem o território brasileiro (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005a).

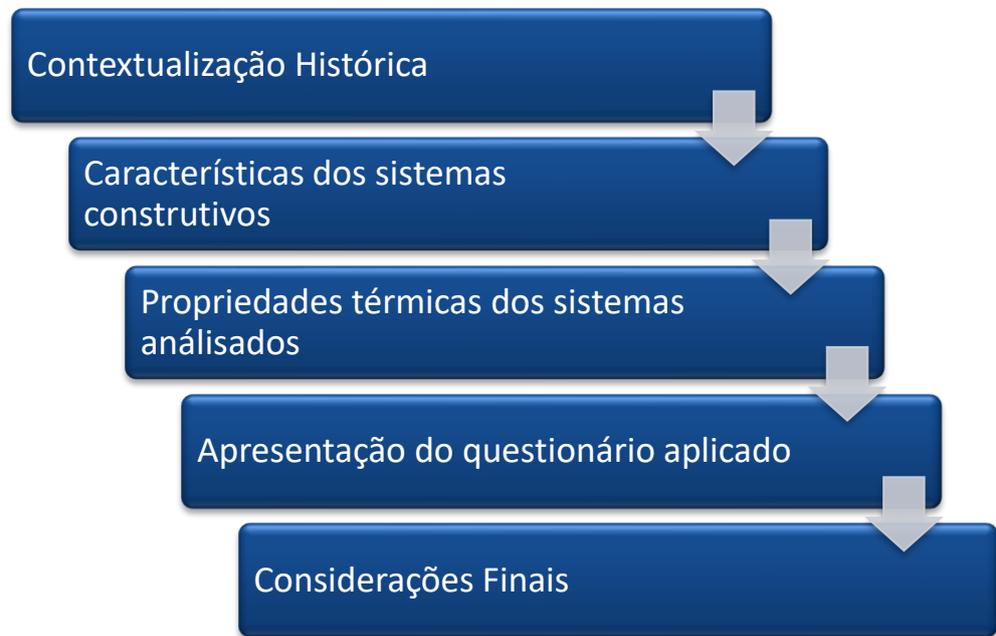
### 2.4 LIMITAÇÕES

Na elaboração deste trabalho, considerou-se as informações obtidas na revisão bibliográfica para caracterizar o desempenho térmico dos materiais empregados nas edificações, não sendo executados ensaios ou simulações.

### 2.5 DELINEAMENTO

Inicialmente o trabalho é constituído de uma revisão bibliográfica sobre os métodos construtivos abordados neste trabalho e posteriormente a isso é contextualizado historicamente a construção de moradias de interesse social no cenário brasileiro. Em seguida é apresentado de forma técnica todo o processo executivo das construções em parede de concreto e alvenaria estrutural de blocos de concreto baseadas nas atuais normas e bibliográficas recomendadas e é analisado as propriedades térmicas dos materiais. Logo em seguida é apresentado o questionário aplicado aos moradores de condomínios que apresentam como método construtivos os dois métodos abordados neste trabalho. Por fim, são feitas as considerações finais perante a pesquisa bibliográfica e as conclusões baseadas nas respostas obtidas dos usuários a quem foram aplicados o questionário proposto. Desta maneira, segue abaixo esta pesquisa seguirá conforme figura 1.

Figura 1 – Fluxograma de desenvolvimento de pesquisa



(fonte: elaborada pelo autor)

### 3 HABITAÇÃO POPULAR NO BRASIL

Este capítulo apresenta uma breve contextualização da habitação popular no Brasil, desde quando o Estado se viu obrigado a investir em moradias popular e porque isto foi necessário. São analisadas as causas que originaram essa preocupação, que datam do final do século XIX e também as causas atuais que ainda não foram solucionadas. Assim como as causas, as medidas tomadas pelos governos ao longo do século XX também são tratadas neste capítulo, assim como as medidas mais recentes como o programa Minha Casa Minha Vida.

#### 3.1 CONTEXTO HISTÓRICO DA HABITAÇÃO POPULAR NO BRASIL

Desde a chegada dos primeiros imigrantes ao Brasil devido principalmente à abolição da escravidão, a população vem crescendo de forma exponencial. Estima-se que entre 1886 e 1897 chegaram em São Paulo cerca de 730 mil imigrantes estrangeiros (CANO, 1975). Já a partir do século XX, não só o Brasil, mas também o mundo passou por um período de crescimento exponencial de sua população. Um dos motivos principais para este crescimento foi o fim da Segunda Guerra Mundial. Em cem anos a população brasileira aumentou cerca de 168 milhões de pessoas, passando de pouco mais de 17 milhões de habitantes no início do século xx para quase 185 milhões de habitantes no início do século xxi. Este aumento populacional Grande parte desse fato se deve ao avanço nas tecnologias, tanto na parte da medicina quanto na agricultura e pecuária. Fato este que possibilitou um aumento considerável na oferta de alimentos não só no Brasil, mas em todo o mundo. Com o aumento considerável da população somado a migração da população do campo para as grandes cidades brasileiras, o estado viu seus centros urbanos crescerem desordenadamente.

Outro fato importante na moradia social que ocorreu no Brasil foi a construção de conjuntos habitacionais para abrigar funcionários da indústria que vinha crescendo. Este fato ocorreu principalmente logo após Getúlio Vargas assumir o governo do Brasil no ano de 1930 (SILVA; MELLO; LEAL, 2009). Essas construções eram financiadas pelo Instituto de Aposentadorias e Pensões dos Industriários, ou como ficou mais conhecido, IAPI. A criação de institutos de aposentadorias e pensões que pudessem financiar residências em grande escala para a população data de 1932 com o Decreto nº 21.326, 27 abril 1932. Criando institutos de aposentadorias e pensões separados por classe de trabalhadores: marítimos (IAPM), industriários (IAPI), bancários (IAPB), assim por diante (BARON, 2011). Outra instituição

criada no Brasil visando a criação de casas populares para a população de baixa renda remete-se a Fundação da Casa Popular (FCP), em 1946 (AZEVEDO, 1988).

### 3.2 PRIMEIROS PROGRAMAS DE HABITAÇÃO POPULAR

Como os institutos de aposentadoria e pensões acabavam atingindo uma parcela mínima da população devido ao seu foco se dar somente aos trabalhadores de mesma classe, pode-se dizer a primeira instituição a nível nacional que realmente se preocupou com a questão da habitação popular foi a FCP. A FCP teve sua criação em 1946 e estava voltada exclusivamente para a população de baixa renda. Apesar do esforço governamental em criar uma instituição voltada para suprir a falta de moradia para grande parte da população, a FCP não se mostrou eficiente devido a diversos fatores, dentre eles a falta de controle sobre recursos da fundação e também a não indexação de prestações a nenhuma taxa, tendo em vista o contexto inflacionário à época. Com o passar dos anos e a falta de recursos próprios para se manter, a FCP fracassou no que era seu principal propósito: financiamento de residências para população de baixa renda. Pode-se dizer que poucas famílias conseguiram usufruir deste programa. Com o início do Governo militar, a FCP perdeu ainda mais credibilidade no âmbito nacional devido a sua forte ligação que tinha com os antigos governos populistas (AZEVEDO, 1988).

Com a chegada dos militares no governo brasileiro no ano de 1964, muitos decretos-leis foram instaurados visando uma reforma no sistema econômico, habitacional e monetário do País. Dentre os decretos-leis mais importantes divulgado pelo novo governo, destaca-se a Lei 4.380 (BRASIL, 1964). Esta Legislação implementou o Sistema Financeiro de Habitação (SFH) e também a criação do Banco Nacional da Habitação (BNH) (FILHO, 2006). A missão destas novas instituições instauradas era “estimular a construção de habitações de interesse social e o financiamento da aquisição da casa própria, especialmente pelas classes da população de menor renda”. (BRASIL, 1964). Um grande impulso para o SFH foi no ano de 1967 em que o BNH recebe a gestão de depósitos do FGTS (Fundo de Garantia por Tempo de Serviço), instaurado com a CLT (Consolidação das Leis do Trabalho). Para Bolaffi (1982), o BNH não conseguiu alavancar a criação de novas habitações, atendendo somente cerca de 24 por cento da demanda populacional urbana em 1971. Desta maneira, o Brasil viu sua população continuar a crescer em grande escala e a oferta de residências para a população de baixa renda não acompanhar este ritmo. Com a chegada dos primeiros anos da década de 1980, o Brasil mergulhou em uma

forte crise inflacionária e seus índices alcançando valores próximos de 100% ano no ano de 1981 e de 1770% no ano de 1989. Assim grande parte da população de classe média acabou perdendo poder de compra e, conseqüentemente aumentando a inadimplência do Sistema Financeiro de Habitação. Evidentemente que o BNH não conseguiu se sustentar e acabou sendo extinto no ano de 1986 através do Decreto nº 2.291 de 21 de novembro do então presidente José Sarney (BRASIL, 1986). No ano de 1990 um novo presidente toma posse no Brasil, Fernando Collor de Melo, seu método de governo baseado no neoliberalismo agravou ainda mais crise habitacional do país. Um dos programas criado foi o Plano de Ação Imediata para a Habitação (PAIH), prevendo a construção de 245 mil novas casa em 180 dias. As empresas responsáveis pela construção destas casas seriam todas de capital privado. Porém esse plano acabou não atingindo plenamente seus objetivos principalmente pelos seguintes motivos: não foram corretamente alocados os recursos definidos do FGTS para os estados da federação e o custo unitário médio de cada moradia foi bem maior que o previsto. Estes fatores acarretaram uma diminuição do número previsto de moradias construídas de 245 mil para 210 mil residências e um aumento de prazo para mais de 18 meses. Já no Governo de Fernando Henrique Cardoso fora retomados os financiamentos para a habitação e saneamento com base nos recursos do FGTS. Um dos pontos a se destacar no governo de Fernando Henrique foi a criação de programas de financiamento voltados para o mutuário final, privilegiando conjuntos habitacionais menores, ao contrário do que ocorrera em outros governos, onde a construção de grandes conjuntos habitacionais eram o objetivo e desta maneira privilegiando grandes empresas da construção civil.

### 3.3 TRANSIÇÃO DO GOVERNO MILITAR PARA A REDEMOCRATIZAÇÃO

Com o encerramento do Banco Nacional de Habitação em 1986, a construção e financiamento de moradias para a população de baixa renda tiveram sua importância enfraquecida. Um dos principais motivos para este enfraquecimento da política habitacional foram as diversas trocas de Ministérios entre os anos de 1986 e 2002: Ministério da Habitação, Urbanismo e Meio Ambiente (1986), Ministério de Habitação e do Bem estar Social (1988), Secretaria Especial de Habitação e Ação comunitária (1989), Ministério da Ação Social (1990), Ministério do bem estar Social (1992), Secretaria de Política Urbana (1995) e Secretaria de Desenvolvimento

Urbano (1999). Esta última secretaria se estendeu até o ano de 2003, quando ocorreu a criação do Ministério das Cidades (SILVA, 2014).

Para falar em Ministério das Cidades, é necessário salientar que no ano de 2002 ocorreram eleições em todo território brasileiro para eleger deputados estaduais, federais e também para eleger um novo presidente da República. Nesta eleição o então presidente da República, Fernando Henrique Cardoso, não pode concorrer devido aos seus dois mandatos anteriores: o primeiro mandato ocorreu entre os anos de 1995 e 1998 e o segundo mandato que ocorreu de 1999 a 2002. Nesta eleição de 2002 o Partido dos Trabalhadores lançou pela quarta vez consecutiva o nome de Luiz Inácio Lula da Silva para disputa das eleições presidenciais, tendo perdido as três edições anteriores para Fernando Collor de Melo e Fernando Henrique Cardoso, para este foram duas derrotas. Porém, nesta eleição, ele obteve votação recorde de quase 53 milhões de votos, representando 61,27% dos votos (BRASIL, 2003). Ainda no ano de 2002 a inflação brasileira sofreu uma forte elevação, fechando o ano com 12,5 por cento no acumulado de 12 meses em dezembro (BRASIL, 2004), mas a economia mostrava sinais de estabilidade e sendo reconhecido tal mérito por especialistas da área (LAMOUNIER; FIGUEIREDO, 2002). No ano de 2002 o presidente Luiz Inácio Lula da Silva então é eleito e com ele uma perspectiva mais favorável ao País devido uma estabilização econômica do Brasil. Uma das primeiras medidas do novo governo foi a criação do Sistema Nacional de Habitação, formado pelo Governo Federal, Estadual e Municipal. Outra medida do governo foi direcionar os recursos do FGTS, que com a extinção do BNH em 1986 a gestão estava sob responsabilidade da Caixa Econômica Federal, para o financiamento de moradias para a população de baixa renda. Já no ano de 2008 o mundo mergulhou em uma crise financeira muito profunda que explodiu nos Estados Unidos desencadeada pelo sistema hipotecário, ocasionando um efeito cascata em todo o setor capitalista mundial (CARDOSO; ARAGÃO; ARAUJO, 2011). Entretanto o governo brasileiro decidiu continuar seus investimentos em infraestrutura e habitação através da expansão de crédito por meio de bancos públicos com o objetivo de conter a crise no Brasil. Para estimular a economia, o governo lançou em janeiro de 2007 o Programa de Aceleração do Crescimento, também conhecido como PAC, investindo cerca de 500 bilhões por um período de 4 anos nas áreas de infraestrutura, saneamento, habitação, transporte e energia (JARDIM; SILVA, 2015).

Neste contexto de investimentos por parte do Governo Federal que surge o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). Lançado no ano de 2009 com o intuito de sanar um grande

problema do Brasil que perdurou durante todo o século XX, financiando residências para a grande população de baixa e média renda.

### 3.4 PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA

Com os investimentos canalizados pelo PAC, o governo lançou o Programa Minha casa Minha Vida em 2009 com o intuito de criar mecanismos para incentivar a construção e compra de habitações por parte de famílias com renda mensal de até dez salários mínimos (BRASIL, 2009). Inicialmente o objetivo do governo era financiar a construção de um milhão de residências em curto espaço de tempo com alocação de trinta e quatro bilhões de reais (JARDIM; SILVA, 2015). Devido a este alto investimento por parte do Governo Federal, o setor da construção civil retomou seu forte papel na economia brasileira, sendo um dos principais setores e com grande participação no PIB do País. Com os investimentos aumentando, o setor da construção também conseguiu empregar grande parte da população de baixa qualificação, tornando assim uma medida anticíclica para a economia frente à crise de 2008 que afetava grande parte dos países capitalistas (D'AMICO, 2011).

O órgão do governo responsável por financiar a construção das moradias era a Caixa Econômica Federal. Sendo assim, o banco separa os financiamentos de acordo com a renda familiar. No quadro 1 é apresentado a classificação dos financiamentos de acordo com a renda familiar.

Quadro 1 - Classificação de financiamentos

Faixa	Famílias com renda mensal	Tempo de financiamento	Subsídio	Taxa de Juros
1	até R\$1.800,00	até 120 meses	até 90% do valor do imóvel	0%
1,5	até R\$2.600,00	até 360 meses	até R\$47.500,00	5% ao ano
2	até R\$2.600,00	até 360 meses	até R\$29.000,00	5,5% ao ano
	até R\$3.000,00	até 360 meses	até R\$29.000,00	6% ao ano
	até R\$4.000,00	até 360 meses	até R\$29.000,00	7% ao ano
3	até R\$7.000,00	até 360 meses	Não recebe Subsídio	8,16% ao ano
	até R\$9.000,00	até 360 meses	Não recebe Subsídio	9,16% ao ano

(fonte: Caixa Econômica Federal,2019)

Devido ao elevado número de residências contratadas por meio do Programa Minha Casa Minha Vida, número superior a 2,750 milhões até o final de 2014, muitas empresas focaram sua produção para construções de moradias para a população de renda mais baixa. Entretanto, muitas dessas construções foram construídas com padrões abaixo do nível aceitável pelas atuais normas de desempenho brasileiras (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2013a). Segundo relatório apresentado pela Controladoria Geral da União, mais da metade das construções avaliadas pelo órgão apresentaram falhas de construções como rachaduras, vazamentos e até falta de ligação de água e esgoto, que afetam diretamente a qualidade de tal construção. Estas falhas ainda são agravadas por se manifestarem dentro do prazo de garantia do imóvel (BRASIL, 2017). É neste contexto que este estudo está baseado, avaliar a capacidade das atuais construções em atingir os padrões mínimos aceitáveis pelas normas brasileiras, com ênfase no desempenho térmico. Os imóveis em estudo localizam-se em Porto Alegre e na sua região metropolitana. Para os imóveis estudados neste trabalho serão considerados os seguintes métodos construtivos: residências construídas com paredes de concreto moldadas no local, residências construídas com alvenaria estrutural de blocos de concreto.

### **3.5 EVOLUÇÃO DA CONSTRUÇÃO NO CENÁRIO BRASILEIRO**

O déficit habitacional brasileiro atingiu a marca de 5,461 milhões e grande parte deste fator se deve, além do cenário econômico, à baixa produtividade da mão de obra brasileira. Segundo Santos (2013), para que este cenário comece a mudar é necessário que as grandes construtoras brasileiras comecem a implementar as tecnologias disponíveis no mercado. Uma destas tecnologias são as paredes de concreto moldadas no local, que vem sendo uma das vias alternativas na construção de habitações de baixo custo. Contudo, é necessária uma evolução ainda maior no campo de pesquisas e desenvolvimento de produtos para que seja atingido um nível de produtividade e desempenho compatível com países desenvolvidos da Europa e da América do Norte. Segundo Goitia (2019), o trabalhador brasileiro demora cerca de 1 hora para realizar um serviço que um trabalhador dos Estados Unidos demora para fazer em 15 minutos, exemplificando a baixa produtividade do trabalhador brasileiro. Ainda segundo o mesmo autor, esta ineficiência se deve a grandes atrasos na formação e na infraestrutura de empresas. Esta

formação do profissional brasileiro é precária devido à educação evoluir de forma muito lenta em grandes centros urbanos.

Ainda segundo Santos (2013), o método construtivo de paredes de concreto ainda apresenta um custo muito elevado devido às formas de alumínio, porém é possível diluir este custo com o alto volume de obras realizadas com a mesma forma. Outro ponto destacado por Santos é o fato de que até 2024 seja atingido um total de 30% das unidades habitacionais construídas no Brasil utilizando este sistema construtivo. Porém, o aperfeiçoamento do produto final, paredes de concreto, segue necessário, visando o atendimento à NBR 15575-1 (ABNT, 2013a).

## **4 PADRÕES CONSTRUTIVOS EM HABITAÇÃO POPULAR**

Este capítulo abordará os métodos construtivos mais usados para a construções de moradias de interesse social: alvenaria estrutural e paredes de concreto moldadas no local e suas particularidades. Será avaliado os principais vícios construtivos no que se refere ao desempenho térmico das construções assim como sua importância na experiência do usuário a longo prazo.

### **4.1 PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS NO LOCAL**

#### **4.1.1 Histórico no Brasil**

A implantação em massa deste sistema construtivo deu-se em grande parte pelo Programa Minha Casa Minha Vida, do Governo Federal, onde buscava-se a construções de residências em grande escala para população de média e baixa renda com um padrão aceitável e de boa qualidade. Muitas empresas optaram por este método devido a sua agilidade e racionalização de material e mão de obra. Entretanto, a mão de obra empregada diretamente no canteiro deve ser especializada e direcionada para esta atividade (MISURELLI; MASSUDA, 2009). Este sistema construtivo já vinha sendo utilizado por alguns países na América Latina, como por exemplo, Chile e Colômbia. Em 2006, foram visitadas as cidades de Bogotá e Santiago por profissionais liderados pelas entidades brasileiras ligadas a construção civil, ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), ABESC (Associação Brasileira de Serviços de Concretagem) e IBTS (Instituto Brasileiro de Tela Soldada), com o intuito de conhecer o processo construtivo e trazê-lo para o Brasil (ALVES; PEIXOTO, 2011). Este sistema é muito empregado em empreendimentos que se tem alta repetitividade de processos, exigindo pouca ou nenhuma variabilidade de formas ao longo da construção (PINHO, 2010).

A regulamentação das construções de parede de concreto respeitava a diretriz do Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT), onde esta regulamentação definia os sistemas construtivos dos elementos estruturais. O SINAT é uma organização nacional que busca dar o suporte técnico com base em um conjunto de procedimentos reconhecidos pela construção civil (MACHADO; MARTINS, 2015). No ano de 2012 foi publicada a Norma NBR 16.055 (2012) sendo a primeira norma com relação exclusivamente às construções de paredes de concreto pela

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Nesta norma foram definidos os critérios de projeto e critérios de execução visando uma padronização em todo o território brasileiro (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2012).

#### **4.1.2 Características do sistema construtivo**

Segundo a NBR 16.055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2012), parede de concreto são elementos estruturais autoportante e que são moldados no local e capaz de suportar carga axiais. Ainda de acordo com a norma:

Todas as paredes de cada ciclo construtivo de uma edificação são moldadas em uma única etapa de concretagem, permitindo que, após a desforma, as paredes já contenham, em seu interior, vãos para portas e janelas, tubulações ou eletrodutos de pequeno porte, elementos de fixação para coberturas e outros elementos específicos quando for o caso.

O sistema construtivo baseia-se em processos industrializados, sendo que a qualidade e a rapidez devem ser constantemente monitoradas para que se possa garantir os prazos estipulados assim como seu orçamento (MISURELLI; MASSUDA, 2009). As formas mais utilizadas para este método são metálicas, mais precisamente de alumínio, pois apresentam uma elevada resistência aos esforços resultantes do lançamento do concreto e também por possuírem peso específico menor que do aço. Desta maneira, as formas apresentam um peso por metro quadrado muito mais baixo e conseqüentemente facilitando o seu manuseio no canteiro de obra por parte dos profissionais.

As tubulações, tanto elétricas quanto hidráulica, já são embutidas nas próprias paredes de maneira que as posições finais fiquem ajustadas já na própria forma. Para que estas tubulações sejam embutidas na parede, o diâmetro máximo não pode ser superior a 50 milímetros. Outra característica das tubulações é que não se pode posicioná-las de maneira que fique na posição horizontal e também em encontros de paredes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2012). Como a estrutura de parede de concreto é um sistema monolítico, ou seja, todas as paredes e lajes do pavimento são concretadas em uma única etapa, a estrutura fica mais suscetível a retrações térmicas do que uma estrutura convencional onde pilares e vigas são concretados em momentos diferentes das lajes, sendo de grande importância um traço de concreto contendo elementos que provoquem menos a retração (CORSINI, 2011). Para combater a retração em concretos com elevado consumo de cimento, pode-se utilizar fibras,

aditivos a base de glicol, que diminuem a tensão superficial da água, e também aditivos aceleradores de pega, pois promovem o ganho de resistência da pasta, diminuindo a retração autógena (ONGHERO, 2013). Pode-se ver na tabela 1 os concretos utilizados para obras em paredes de concreto.

Tabela 1 - Classes de concreto para execução das paredes estruturais

Tipo	Descrição	Massa Específica (kg/m <sup>3</sup> )	Resistência à compressão mínima MPa
L1	Concreto celular	1500 a 1600	4
L2	Concreto com agregado leve	1500 a 1800	20
M	Concreto com ar incorporado	1900 a 2000	6
N	Concreto normal	2000 a 2800	20

(fonte: ABESC, 2019)

As obras construídas com paredes de concreto apresentam uma parede mais uniforme quando comparada com obras de alvenaria, podendo receber aplicação direta de pintura ou assentamento cerâmico, não exigindo assim revestimento argamassado e chapisco antes do acabamento final (FEITOZA; DO CARMO, 2012). Por outro lado, essa aplicação direta do acabamento final tem seu viés negativo no quesito conforto térmico.

Figura 2 - edificação de parede de concreto com forma de alumínio



(fonte: FORSA, 2019)

Após o lançamento do concreto nas formas metálicas, deve-se esperar o seu tempo de cura mínimo para que a resistência exigida para desforma seja atingida. Esta resistência mínima deve ser prevista em projeto e deve estar de acordo com os ciclos de concretagem (MACHADO; MARTINS, 2015). As espessuras mínimas de paredes exigidas por norma são de 10 centímetros, permitido 8 centímetros apenas para paredes internas de edificações de até dois pavimentos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2012). Para que se tenha uma cura eficiente do concreto, deve-se protegê-lo de fatores que são prejudiciais como, por exemplo, agentes químicos, vibrações intensas e mudanças bruscas de temperatura, evitando, assim, o aparecimento de trincas e fissuras e até mesmo evitar a corrosão da armadura (PINHO, 2010). Após a desforma das paredes é necessário verificar a qualidade da estrutura, estas verificações devem ser feitas através de inspeção e fichas de verificação. De acordo com Silva (SILVA, 2011), deve-se verificar os seguintes itens:

- a) instalações prediais;
- b) gabaritos de caixilhos e dos espaçadores;

- c) aplicação de desmoldante nos painéis de fechamento;
- d) colocação dos painéis de fôrmas conforme numeração do projeto de montagem, executando travamento com os parafusos e as cunhas;
- e) verificação do travamento e da estanqueidade das fôrmas e, caso existam gretas na base, realização do fechamento com argamassa de cimento e areia;
- f) concretagem das paredes;
- g) controle tecnológico do concreto na desenforma e aos 28 dias de acordo com a NBR 12655, incluindo a especificação do lote de concreto;
- h) rastreabilidade do concreto para as paredes e laje de concreto armado;
- i) verificação após retirada das fôrmas.

### 4.1.3 Materiais utilizados

#### 4.1.3.1 Formas

São elementos provisórios responsáveis por garantir geometria final da estrutura de concreto e pelo acabamento superficial da peça. As formas devem resistir aos esforços gerados desde o lançamento do concreto até a sua desforma. As formas devem possuir todo seu sistema de travamento e acessórios necessários para tal função em seu projeto de forma juntamente com todos os detalhamentos necessários. Deve possuir também a sua sequência de montagem e desmontagem assim como o local de armazenamento adequado (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

Os tipos de formas variam de muitas maneiras, pois devem ser de acordo com o tipo de estrutura e o tipo de obra, assim como a finalidade da peça estrutural que a forma será utilizada. Os tipos de formas para estruturas de parede de concreto mais utilizada serão descritos a seguir:

- a) forma mista: são elementos em que a estrutura da peça é feita de metal e suas vedações são de madeira compensada. Normalmente é comprada ou locada por meio de uma empresa que fornece todas as formas e acessórios e também os projetos e serviço técnico (CASTRO et al., 2017).
- b) forma metálica: pode-se dizer que este método é o mais empregado no mercado brasileiro devido a sua agilidade e durabilidade perante as demais formas. São sistemas em que toda a sua estrutura é feita de alumínio ou aço. São amplamente utilizadas em construções industrializadas e também repetitivas. Tem seu viés negativo que é o custo elevado de aquisição, entretanto o seu custo pode ser diluído ao longo do uso (FAJERSZTAJN; LANDI, 1992).

- c) forma de madeira: sistema em que todas as partes componentes das formas são de madeira, desde seus puntaletes até sua vedação. Este sistema é muito usado em obras convencionais de pilares e vigas e alvenaria cerâmica de vedação. Para paredes de concreto acaba se inviabilizando devido a sua vida útil normalmente não ultrapassar 5 concretagens.

Na figura 3 e 4 tem respectivamente as representações de formas do tipo mista e do tipo metálica, este último tipo é o mais empregado para edificações de paredes de concreto.

Figura 3 - Sistema de forma mista



(fonte: SH FORMAS, 2019)

Figura 4 - Sistema de formas metálicas



(fonte: FORSA, 2019)

Na figura 5 está representado a utilização de um sistema de formas de madeiras e também todos os acessórios de madeira.

Figura 5 – Sistema de forma de madeira



(fonte: CORREA, 2011)

De acordo com Nakamura (2014), a mão de obra empregada para manuseio e manutenção das formas deve receber um treinamento específico para estas atividades. O principal critério escolhido na hora da escolha da forma a ser utilizada é a produtividade que ela apresenta no decorrer da obra assim como sua escala de utilização. Para obras em que a forma é utilizada poucas vezes, adota-se uma forma mais barata com um grau de reuso menor, que não é o caso das formas metálicas, pois esta apresenta um alto valor de aquisição, mas que usada em grande escala pode se tornar muito mais econômica.

#### 4.1.3.2 Concreto

O concreto é o principal componente deste sistema construtivo como o próprio nome já sugere, sendo assim, é o concreto que fará todo o papel tanto estrutural quanto a função de vedação do sistema construtivo. Para que se tenha uma alta qualidade e uma durabilidade elevada da edificação, é necessário que se tenha um alto controle de todo o processo que envolve as concretagens, desde a especificação do concreto em projeto até a logística de recebimento e lançamento do mesmo (BALTOKOSKI, 2015).

Segundo a NBR 16.055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2012), o concreto deve estabelecer as seguintes especificações prevista na norma:

- a) resistência à compressão para desforma, compatível com o ciclo de concretagem;

- b) resistência à compressão característica aos 28 dias ( $F_{ck}$ );
- c) classe de agressividade do local de implantação da estrutura;
- d) trabalhabilidade, medida pelo abatimento do tronco de cone ou pelo espalhamento do concreto.

Segundo Baltokoski (BALTOKOSKI, 2015), é muito importante que o concreto possua características de trabalhabilidade e fluidez devido às espessuras de cada parede estar entre 8 e 10 centímetros e contendo as telas centradas, podendo ainda conter as tubulações das instalações, dificultando, assim, o uso de equipamentos de vibração do concreto.

#### **4.1.4 Processo executivo**

Todo processo começa a partir da escolha da fundação a ser utilizada, que na maioria dos casos para obras de parede de concreto, sejam edificações térreas ou de dois ou mais pavimentos, é usado a fundação do tipo Radier. A fundação deve possuir um controle rigoroso de nivelamento para que não interfira nas etapas subsequentes, deve-se levar em conta também que a fundação deve possuir um espaço excedente na largura para que se consiga apoiar a base das formas no piso (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

A partir do momento em que se tem a fundação pronta e com a resistência mínima de projeto atingida, se inicia o processo de marcação do piso e colocação de toda a armação, que é feita de telas soldadas e reforços específicos em aberturas e encontros de paredes com barras de ferro, e colocação de todas tubulações elétricas. Deve-se salientar que as telas soldadas devem ficar posicionadas no eixo central da parede para que se tenha o cobrimento de concreto correto depois de a parede ficar pronta. Este cobrimento deve estar especificado no projeto estrutural, sendo indispensável o uso de espaçadores em todas as superfícies que contenham as telas e barras de ferro (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

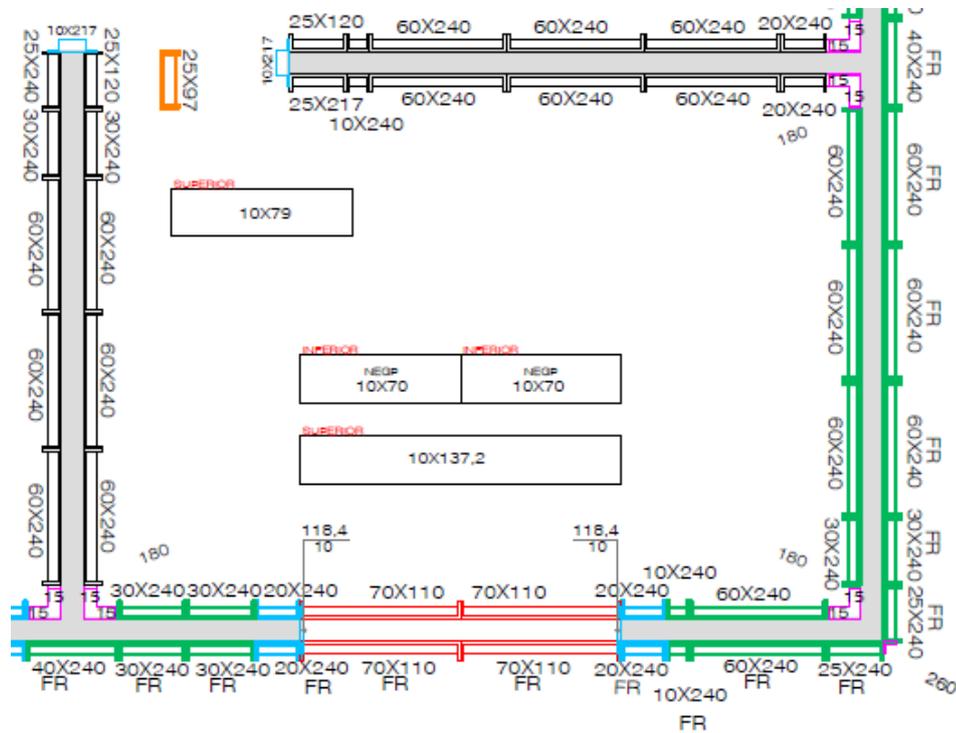
Figura 6 - Posicionamento de espaçadores



(fonte: próprio autor)

Após o processo de marcação e colocação das ferragens, inicia-se o posicionamento das formas em seus respectivos locais de acordo com o projeto de formas. Este projeto deve possuir toda a sequência de montagem, assim como as dimensões de cada placa e qual o posicionamento correto da mesma. A figura 6 apresenta um recorte de um projeto de forma metálica, percebe-se o tamanho de cada placa e seu posicionamento correto na parede.

Figura 7 - Projeto de forma (parede)



(fonte: projeto de formas de alumínio, Construtora A, 2015)

A figura 7 representa o mesmo cômodo da figura 3, entretanto representa as formas colocadas no teto que darão suporte para concretagem da laje.



## 4.2 ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS DE CONCRETO

### 4.2.1 Histórico no Brasil

A alvenaria era um dos principais materiais utilizados pelo homem até o final do século XIX de maneira completamente empírica, baseado apenas em métodos adquiridos com obras anteriores. Com a chegada do aço e do concreto na primeira metade do século XX esse panorama começou a mudar, assim surgindo um sistema construtivo a substituir a alvenaria (CAMACHO, 2006).

No Brasil, o sistema de alvenaria é utilizado desde a chegada dos portugueses no século XVI. Contudo, a alvenaria com blocos estruturais, entendido como método construtivo elaborado para construção de edificações de maneira racional demorou séculos para obter o seu espaço (RAMALHO; CORRÊA, 2003). Ainda de acordo com o mesmo autor, não se tem uma data exatamente precisa com relação a edificações executadas com blocos vazados estruturais, mas supõem-se que tenha surgido no ano de 1966 na cidade de São Paulo, eram edificações com blocos de concreto e possuíam apenas quatro pavimentos. Pode-se perceber que mesmo com a chegada tardia deste sistema construtivo ao Brasil, o mesmo acabou se firmando como um sistema construtivo eficiente e econômico não só para edificações residenciais, mas também para construções industriais (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Com o avanço de pesquisas em torno da alvenaria estrutural no Brasil, principalmente por volta do final da década de 60, o uso deste sistema voltou a ser utilizado (CAMACHO, 2006). De acordo com Ramalho e Corrêa (2003), este sistema se tornou uma alternativa econômica e eficiente para edificações residenciais e industriais. Para Roman e Araújo (1999), a técnica de cálculo e execução da alvenaria estrutural ainda é recente, final da década de 1960, e ainda hoje pouco conhecida dos profissionais ligados a construção civil.

### 4.2.2 Características do sistema construtivo

A alvenaria estrutural é definida como sendo um padrão de construção completo, com alto grau de racionalidade, que suporta e organiza os outros subsistemas da edificação, demandando uma forte integração entre os projetos e com o foco no processo de produção (MANZIONE, 2004).

Para Camacho (2006), conceitua-se alvenaria estrutural “[...] o processo construtivo na qual, os elementos que desempenham a função estrutural são de alvenaria, sendo os mesmos projetados, dimensionados e executados de forma racional”. É indispensável para a perfeita construção da edificação que seus projetos complementares estejam interligados com os projetos estruturais e assim não apresentando prejuízo no produto final.(ROMAN; MUTTI; ARAÚJO, 1999). Ainda para os mesmos autores, a alvenaria estrutural é um sistema que utiliza as próprias paredes da edificação para resistir às cargas sem a necessidade de pilares e vigas (ROMAN; MUTTI; ARAÚJO, 1999).

O uso de alvenaria estrutural deve ser empregado de acordo com cada obra, não sendo ideal para qualquer projeto. Deve-se atentar para o número de pavimentos que se deseja construir e verificar a capacidade de resistência dos blocos de concreto atualmente fornecidos no mercado. No Brasil, com a oferta de blocos de concreto, consegue-se chegar com segurança a edificações de até dezesseis pavimentos e para alturas maiores percebe-se que a resistência estrutural da edificação fica comprometida devido à falta de resistência dos blocos no mercado, sendo necessário um grauteamento generalizado na estrutura, o que seria extremamente prejudicial ao orçamento do projeto (RAMALHO; CORRÊA, 2003). A alvenaria tem ganho espaço no mercado devido ao seu processo construtivo apresentar grande economia durante sua execução, como por exemplo, economia de gastos com grandes quantidades de aço, gastos com carpintaria e aquisição de madeira para fabricação de formas, redução no uso de concreto e também possibilitando menores espessuras de revestimento e com tudo isso a execução da obra se torna mais rápida. Porém este método apresenta certas restrições, citando como exemplo a mudança ou até mesmo a retirada de paredes internas, pois estas já devem ser indicadas previamente em projetos quanto a sua possibilidade ou não de remoção. Outro viés negativo da construção em alvenaria estrutural é a impossibilidade de construir prédios com grandes vãos, o que é muito característico para edificações de alto padrão e também para imóveis comerciais (ROMAN; MUTTI; ARAÚJO, 1999). Segundo Camacho (CAMACHO, 2006), o sistema de construção em alvenaria estrutural possui subdivisões que classificam o tipo de padrão utilizado dentro deste sistema de acordo com os materiais utilizados:

- a) alvenaria Estrutural Armada: é o processo construtivo em que, por necessidade estrutural, os elementos resistentes (estruturais) possuem uma armadura passiva de aço. Essas armaduras são dispostas nas cavidades dos blocos que são posteriormente preenchidas com micro-concreto (Graute);

- b) alvenaria Estrutural Não Armada: é o processo construtivo em que nos elementos estruturais existem somente armaduras com finalidades construtivas, de modo a prevenir problemas patológicos (fissuras, concentração de tensões, etc.);
- c) alvenaria Estrutural Parcialmente Armada: é o processo construtivo em que alguns elementos resistentes são projetados como armados e outros como não armados. De uma forma geral, essa definição é empregada somente no Brasil;
- d) alvenaria Estrutural Protendida: é o processo construtivo em que existe uma armadura ativa de aço contida no elemento resistente;
- e) alvenaria Estrutural de Tijolos ou de Blocos: função do tipo das unidades;
- f) alvenaria Estrutural Cerâmica ou de Concreto: conforme as unidades (tijolos ou blocos) sejam de material cerâmico ou de concreto.

As obras construídas em alvenaria estrutural devem ser racionalizadas, de modo que as tomadas de decisões devem ser traçadas ainda em fase de projeto e devem ser documentadas em formas de observações descritivas e desenhos (SOARES et al., 2016). Ainda de acordo com os mesmos autores, os blocos escolhidos em toda a modulação devem estar compatibilizados com as instalações elétricas e hidráulicas da edificação assim como a utilização de blocos compensadores a fim de evitar quebra de blocos inteiros durante a execução (SOARES et al., 2016).

### **4.2.3 Materiais utilizados**

Nesta seção serão apresentados os principais componentes da alvenaria estrutural, assim como os acessórios imprescindíveis para sua perfeita execução. Será explicada a importância de cada componente assim como suas particularidades e os cuidados a serem tomados para prolongar a vida útil da edificação. Inicialmente deve-se diferenciar alguns termos usados neste capítulo. Para Ramalho e Correa (RAMALHO; CORRÊA, 2003), entende-se componente de alvenaria como uma entidade básica que irá compor um elemento. Já os elementos irão compor a estrutura. Para que se tenha um elemento de alvenaria estrutural é necessário que pelo menos dois componentes estejam trabalhando em conjunto, formando assim um elemento. Ainda em tempo, ressalta-se que este trabalho se restringe ao estudo em blocos de concreto mesmo que ainda seja citado outros tipos de blocos, estes apenas para fins de entendimento geral do sistema construtivo.

#### 4.2.3.1 Unidades de Alvenaria

As unidades de alvenaria são os principais componentes do sistema construtivo e responsáveis pela definição das características da estrutura. Para Roman e Araújo (ROMAN; MUTTI; ARAÚJO, 1999), conceitua-se unidade de alvenaria como sendo um produto industrializado com dimensões e peso que o tornam manuseável e que possui uma forma paralelepipedal. É necessário também realizar a diferenciação entre blocos e tijolos. Os tijolos são unidades com dimensões máximas de 250x120x55 milímetros e para medidas superiores a esta denomina-se blocos e que normalmente são múltiplas de 50 milímetros. As unidades de alvenaria comandam a resistência à compressão e determinam todos os procedimentos e técnicas na coordenação dos projetos, sendo divididas por tipos e propriedades como explicitados na figura 8 (CAMACHO, 2006).

Tabela 2 - Classificação de unidades de alvenaria

Tipos	Cerâmicos	Maciços
	Concreto	
	Sílico-calcáreos	Vazados
	Outros	
Propriedades	Resistência à compressão	
	Estabilidade dimensional	
	Vedação	
	Absorção adequada	
	Trabalhabilidade	
	Modulação	

(fonte: CAMACHO, 2006)

Para Roman e Araújo (1999), as unidades de alvenaria são descritas abaixo:

unidades Cerâmicas: bloco cerâmico, segundo a NBR 7171/83, é definido como sendo um componente de alvenaria que possui furos prismáticos e/ou cilíndricos perpendiculares às faces que os contém. Define também, que blocos portantes são unidades vazadas com furos na vertical, perpendiculares à face de assentamento e são classificados, de acordo com sua resistência à compressão. A qualidade das unidades de cerâmica está intimamente relacionada à qualidade das argilas empregadas na fabricação e também ao processo de produção. Pode-se obter unidades de baixíssima resistência (0,1MPa) até de alta resistência (70MPa). Devido a isto, torna-se imprescindível a realização de ensaios de caracterização das unidades;

unidades de Sílico-calcário: Os tijolos e blocos sílico-calcário são unidades de alvenaria compostas por uma mistura homogênea e adequadamente proporcionada de cal e areia quartzosa moldadas por prensagem e curadas por vapor de pressão. As principais características das unidades sílico-calcários são a sua boa resistência, durabilidade e grande uniformidade dimensional. A resistência à compressão varia internacionalmente entre 14 e 60MPa. No Brasil, as unidades fabricadas apresentam resistências de 6 a 20MPa;

unidades de Concreto: O tipo de unidade mais comum são os blocos. Estes podem ser produzidos em diferentes geometrias e com resistências à compressão variáveis, de acordo com a proporção das matérias primas que o constituem. [...] O concreto deve ser constituído de cimento Portland, agregados e água. Os cimentos devem ser normalizados e os agregados podem ser areia, pedrisco, argila expandida ou outros tipos, desde que satisfaçam às especificações próprias de cada um destes materiais. A dimensão máxima característica do agregado deve ser menor que 1/4 da menor espessura da parede do bloco.

Para as unidades de alvenaria de blocos de concreto, Roman e Araújo (1999) também especificam:

Os blocos devem ser fabricados e curados por processos que assegurem a obtenção de um concreto suficientemente homogêneo e compacto e devem ser manipulados com as devidas precauções para não terem as suas qualidades prejudicadas. As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos devem ser de 3mm, estas dimensões devem ser verificadas com precisão de 0,5mm.

Os blocos devem ter aspecto homogêneo, compacto e arestas vivas. Não devem apresentar trincas, fraturas ou outros defeitos que possam prejudicar o seu assentamento ou afetar a resistência e durabilidade da construção. Os blocos destinados a receber revestimento devem ter superfície suficientemente áspera para garantir uma boa aderência, não sendo permitida qualquer pintura que oculte defeitos eventualmente existentes no bloco.

Os blocos-padrão encontrados apresentam resistência à compressão de 6 a 15 MPa, podendo apresentar, em caso especiais, resistência de até 20 MPa. São fabricados vários tipos de blocos, com diferentes funções, os quais seguem as modulações de 15 cm ou de 20 cm, conforme a malha modular definida no projeto.

#### 4.2.3.2 Argamassa de assentamento

A argamassa de assentamento serve como uma cola que une as unidades de alvenaria entre si e tem a função secundária de compensar as deformidades dos blocos na estrutura. A argamassa de assentamento tem também por finalidade a transferência uniforme de tensões ao longo das unidades de alvenaria e sua composição apresenta cimento, cal e areia. Para Roman e Araújo (1999), as principais características da argamassa de assentamento são as seguintes:

- a) trabalhabilidade;
- b) retenção de água;

- c) tempo de endurecimento;
- d) liga;
- e) durabilidade;
- f) resistência à compressão.

De acordo com Manzione (2004), recomenda-se usar argamassas industrializadas para o assentamento das unidades de alvenaria e com o uso de argamassadeiras de eixo horizontal ao invés de betoneiras convencionais, pois aquelas permitem uma adequada incorporação de ar. Ainda sobre as argamassas industrializadas deve-se averiguar se as especificações de recebimento e inspeção estão de acordo com a NBR 13.281 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2005b):

- a) O tamanho do lote deve ser estabelecido em comum acordo entre o fabricante e o cliente. Na ausência deste acordo, considera-se um lote a quantidade de argamassa, de cada tipo e fabricante, da mesma data de fabricação;
- b) Uma vez estabelecido o tamanho do lote, a amostragem deve ser feita para cada lote;
- c) Na amostragem de argamassa industrializada de cada lote, deve ser retirada uma amostra com no mínimo 50 kg, que deve ser dividida em dois exemplares aproximadamente iguais (cerca de 25 kg cada), identificados e acondicionados hermeticamente, de tal forma que não sejam modificadas as características do produto. Um dos exemplares deve ser utilizado para a realização dos ensaios prescritos nesta Norma e o outro deve ser reservado como testemunho para eventual comprovação dos resultados;
- d) As amostras devem ser devidamente identificadas no momento da coleta, antes de seu envio ao laboratório;
- e) O prazo decorrido entre a coleta e o início da realização dos ensaios no laboratório deve ser de no máximo 30 dias, respeitando o prazo de validade do produto. Para eventual comprovação de resultados, deve-se também respeitar o prazo de validade dos testemunhos.

#### 4.2.3.3 Graute

O graute é um concreto fino constituído de água, cimento, agregado miúdo e de agregados graúdos de pequena dimensão (máximo 9,5 milímetros), que deve apresentar alta fluidez como característica principal para que possa preencher os vazios das unidades de alvenaria (CAMACHO, 2006). Sua principal finalidade é aumentar a resistência à compressão da parede aumentando a seção transversal do bloco. O graute trabalha juntamente com as armaduras para que o elemento estrutural resista a tensões de tração que ocorrem na estrutura (MANZIONE, 2004). A Associação Brasileira de Normas Técnicas exige que a resistência mínima do graute deve ser duas vezes a resistência do bloco. Para Ramalho e Correa (2003), o conjunto bloco,

graute e, quando ocorrer, armadura deve trabalhar de maneira análoga ao concreto armado, ou seja, deve ser um conjunto monolítico com o graute envolvendo completamente a armadura e o bloco.

#### 4.2.3.4 Armadura

As armaduras são basicamente as mesmas usadas em estruturas de concreto armado e que sempre que usadas na alvenaria estrutural deve estar envolvida pelo graute para que trabalhe em conjunto com os blocos (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

### 4.2.4 Processo executivo

Todo o processo de execução da alvenaria estrutural deve ser sistematizado desde a fase de projeto. Quando na fase de projeto, o projetista deve especificar todas as características da edificação, assim como as especificações de resistência dos blocos e graute (MARIANE, 2014). Os materiais devem estar posicionados em local adequado para que facilite toda a logística do canteiro de obras a fim de evitar desperdícios de materiais e também atraso na movimentação dos mesmos no seu local de aplicação.

A execução começa a partir da verificação do nivelamento da laje e marcação da primeira fiada. Caso ocorra desnivelamento do piso no momento da marcação da primeira fiada, deve-se realizar um preenchimento com argamassar do local ou remover o excesso para o perfeito nivelamento dos blocos. Para o processo de marcação das fiadas deve-se ter em mãos os projetos de marcação da primeira e segunda fiada de cada nível da edificação e recomenda-se iniciar pelas paredes externas (MANZIONE, 2004). Ainda para o mesmo autor, as seguintes informações devem estar contidas nos projetos:

- a) eixos de locação com medidas acumuladas a partir da origem;
- b) eixos de locação com medidas acumuladas até a face dos blocos;
- c) dimensões internas dos ambientes com medidas sem acabamentos;
- d) indicação dos blocos estratégicos com cores diferentes;
- e) indicação dos elementos pré-fabricados;
- f) posicionamento dos shafts e furação de laje;
- g) representação diferente entre as paredes estruturais e as de vedação;

- h) numeração das paredes e indicação de suas vistas;
- i) indicação dos pontos de graute;
- j) medidas dos vãos das portas;
- k) representação das cotas de forma direta evitando a obtenção de medidas por diferenças;

No assentamento dos blocos as fiadas vão sendo postas uma sobre as outras de modo que as juntas verticais fiquem descontínuas, ou seja, não se deve realizar juntas a prumo (BALTOKOSKI, 2015). A figura 9 exemplifica como deve ser o encontro das juntas verticais com os blocos para a correta distribuição de tensões na estrutura.

Figura 9 - posicionamento correto das juntas verticais



(fonte: MAPA DA OBRA, 2018)

Para o processo de marcação, deve-se procurar o ponto mais alto da laje e assentar um bloco que servirá de referencial de nível, ou bloco RN. Após o assentamento do bloco segue-se para a locação dos eixos na laje a partir da planta que contém a primeira fiada com cotas acumuladas e locação dos blocos estratégicos como, por exemplo, os blocos de amarração, que se localizam-se em cantos e encontros de paredes. A sequência de execução é o assentamento dos blocos de amarração a partir dos eixos marcados na laje tomando como referência o bloco RN e verificar seu esquadro. É necessário esticar linhas entre os blocos de amarração que estão localizados nos cantos ou encontro de paredes para que se tenha o referencial de nível de assentamentos dos blocos em cada fiada. Antes da colocação da argamassa de assentamento deve-se realizar o umedecimento da superfície de contato com o auxílio de uma broxa para que se tenha uma

eficiente adesão. Depois de aplicada a argamassa, posiciona-se os blocos de maneira que fique alinhado com as linhas esticadas nos blocos estratégicos. Muitas vezes é necessário um ajuste no posicionamento dos blocos de maneira sutil para não ficar fora de eixo, este ajuste deve ser feito com o próprio cabo da colher de pedreiro. A última etapa da marcação é o posicionamento dos escantilhões nos cantos de paredes. Estes devem estar aprumados de maneira que a primeira fiada coincida com sua primeira marcação, assim as próximas fiadas estarão niveladas (MANZIONE, 2004)

A segunda fase é a elevação da alvenaria que segue logo após a etapa de marcação. Segundo Manzione (2004), deve-se garantir as seguintes características para a etapa de elevação:

- a) prumo;
- b) nível;
- c) alinhamento;
- d) planicidade.

Ainda na fase de produção dos projetos executivos são possíveis ainda alterações a fim de prevenir problemas na etapa de execução, essas alterações quando feitas nesta etapa não acarretarão aumento significativo de custos (ROMAN; MUTTI; ARAÚJO, 1999). Ainda para os mesmos autores, um projeto executivo deve conter os seguintes documentos para ganho em produtividade e racionalização:

- a) planta baixa;
- b) cortes e elevações;
- c) informações técnicas dos materiais a serem utilizados;
- d) detalhes-padrão de amarrações e de ligações parede/pilar;
- e) detalhes de vergas e contra-vergas;
- f) detalhes de passagens de tubulações e localização de pontos elétricos e hidráulicos;
- g) detalhes especiais (pontos a serem grauteados, amarrações com ferros etc.).

A etapa de assentamento dos blocos deve ser executada fielmente como especificado em projeto, pois esta etapa precede à etapa de instalações elétricas e hidráulicas, de modo que as instalações devem ser posicionadas em blocos específicos estabelecidos em fase de projetos. De acordo com Manzione (2004), “[...] como princípio geral, o caminhamento das tubulações

elétricas será sempre feito na direção vertical, aproveitando-se do vazado dos blocos para a passagem das mangueiras e não permitindo cortes horizontais para interligação de pontos.”

Existem dois procedimentos racionalizados recomendados para a instalação de caixinhas elétricas na alvenaria, um que ocorre durante a elevação da alvenaria, quando se utiliza, blocos previamente cortados para assentamento das caixinhas e outro método em que após a conclusão da elevação os blocos são cortados para o chumbamento das caixinhas (MANZIONE, 2004). Este último processo apresenta mais possibilidades de falhas em diminui muito a produtividade, pois cria-se mais uma etapa no cronograma da obra. Assim, recomenda-se a instalação de uma central de instalações na obra, onde todo o processo de corte e separação de blocos é executado previamente por profissionais treinados, resultando em ganho de tempo e diminuindo a possibilidade de erros (MANZIONE, 2004).

### 4.3 DESEMPENHO TÉRMICO

Segundo a NBR 15.575 (2013a) os critérios de desempenho que devem ser atendidos com relação à habitabilidade são:

- a) estanqueidade;
- b) conforto térmico;
- c) conforto acústico;
- d) conforto lumínico;
- e) saúde, higiene e qualidade do ar;
- f) funcionalidade e acessibilidade;
- g) conforto tátil e antropodinâmico.

Neste trabalho será tratado sobre a percepção dos usuários com relação ao conforto térmico das edificações e suas particularidades e as alterações perceptíveis por mudanças construtivas.

De acordo com Schinazi et al (2018), conforto térmico pode ser definido da seguinte maneira:

O conforto térmico é um estado de bem-estar físico e mental que expressa satisfação da pessoa com o ambiente térmico ao seu redor. Ou seja, a pessoa não sente nem calor ou frio nesse ambiente. Este estado pode estar associado à individualidade de cada pessoa, o que faz com que um ambiente ameno possa ser considerado confortável para uns, e desconfortável para outros. Assim, as diferentes visões de conforto térmico podem, na prática, resultar em diferentes conjunções de tecnologia e comportamento. Culturalmente, sabe-se que a temperatura de conforto pode variar entre 18 e 32 °C, o

que depende, principalmente, da relação entre a temperatura do ar interno e externo de um local.

O desempenho é entendido como um comportamento da edificação e de seu sistema quando em uso pelos usuários. Este comportamento é avaliado através de requisitos de desempenho e estabelecido visando atender às necessidades básicas dos usuários. As edificações são dotadas de atribuições que são expressas qualitativamente e essas atribuições são avaliadas através de métodos de avaliação e critérios de desempenho preconizados na NBR 15.575 (2013a).

Quando se deseja avaliar o desempenho de uma edificação com relação ao seu desempenho térmico, deve-se avaliar todos os elementos que compõe esta edificação, desde janelas, vedações verticais e até as vedações horizontais, pois todos estes elementos contribuem diretamente para o resultado do conforto térmico. Muitos outros fatores influenciam na edificação, como por exemplo, a zona bioclimática em que a edificação está situada, a orientação solar, o tempo de insolação durante o dia e qual o período do dia recebe mais radiação solar. Desta maneira é preciso avaliar todos os aspectos fundamentais relacionados ao conforto térmico antes de realmente iniciar uma construção. A seguir serão apresentadas algumas definições básicas necessárias para avaliar o desempenho térmico de uma edificação.

### **4.3.1 PROCESSO DE TROCAS TÉRMICAS**

O organismo de cada indivíduo comporta-se de acordo com o meio em que está inserido. Este comportamento varia de acordo com a atividade desenvolvida e as propriedades do ambiente. Ao se realizar qualquer atividade, o corpo humano gera calor como se fosse uma máquina térmica, o corpo acaba usando parte deste calor para manter as atividades metabólicas do indivíduo e manter sua temperatura corporal constante, porém o calor gerado que não é utilizado para tais atividades deve ser expulso do corpo através de trocas com o ambiente. As trocas entre o corpo e o ambiente podem ser através de trocas secas, chamado de calor sensível – condução, convecção e radiação – e trocas úmidas, também chamado de calor latente – evaporação (FROTA; SCHIFFER, 2001).

Na tabela 3 é apresentado algumas atividades do cotidiano juntamente com o seu respectivo gasto energético.

Tabela 3 – Taxa metabólica para diferentes atividades

Atividade	Metabolismo (W/m <sup>2</sup> )
Deitado, reclinado	46
Sentado, relaxado	58
Atividade sedentária (escritório, escola etc.)	70
Atividade leve em pé (fazer compras, atividades laboratoriais etc.)	93
Atividade média em pé (trabalhos domésticos, balconista etc.)	116
Caminhando em local plano a 2 km/h	110
Caminhando em local plano a 3 km/h	140
Caminhando em local plano a 4 km/h	165
Caminhando em local plano a 5 km/h	200

(fonte: LAMBERTS, 2016)

Logo a seguir serão apresentados os tipos de trocas térmicas que podem ocorrer em uma edificação de acordo com o tipo de propagação do calor.

#### 4.3.1.1 Condução

A condução ocorre sempre que dois corpos estiverem em contato ou pelo contato intermolecular em um mesmo corpo e pode ocorrer em corpos sólidos, líquidos ou gasosos. Essa troca térmica ocorre sempre que houver diferença de temperatura entre os corpos em contato, pois as moléculas que estão em uma temperatura mais elevada possuem uma maior vibração de seus átomos. Essa vibração é transmitida para as moléculas vizinhas de maneira que tende a equilibrar a estado de vibração do corpo, ou seja, de transmitir o calor para as moléculas vizinhas. É importante salientar que o fluxo térmico é diretamente proporcional à diferença de temperatura dos corpos em estudo e inversamente proporcional à resistência térmica (LAMBERTS et al., 2016).

#### 4.3.1.2 Convecção

A convecção térmica é um processo que ocorre entre dois corpos com diferença de temperatura sendo como requisito básico para ocorrência do fenômeno a necessidade de um corpo se apresentar em seu estado fluido (gasoso ou líquido). Este processo ocorre em duas etapas: o corpo que se apresenta no estado fluido entra em contato com o outro corpo, este corpo está com uma certa diferença de temperatura do fluido, assim o fluido “ganha” certa quantidade de calor, no momento em que ele “ganha” essa quantidade de calor, o corpo tende a se deslocar

por convecção. Quando o corpo fluido ganha energia térmica ele tende a aumentar sua temperatura e se deslocar de forma ascensional. Já quando o corpo fluido perde calor para outro corpo, sua temperatura tende a diminuir e seu movimento é recíproco ao anterior, ou seja, o corpo apresenta movimento descensional (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

#### 4.3.1.3 Radiação

A radiação é um tipo de trocas de calor que se dá por meio de ondas eletromagnéticas e podem ser transmitidas inclusive em ambientes que não possuem matéria, desta maneira não é necessário que haja contato entre os dois corpos para a transferência de calor. Todos os corpos emitem certa radiação, que é proporcional a sua temperatura, quanto mais radiação emitida, maior será sua temperatura. As radiações são classificadas por meio de seus comprimentos de onda ou de sua frequência (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

### 4.3.2 Propriedades térmicas

A seguir será apresentado as propriedades e particularidades que os elementos construtivos possuem ao estarem em determinados ambientes e a maneira como eles se comportam sob as condições impostas pelo ambiente construído.

#### 4.3.2.1 Condutividade Térmica $\lambda$

A condutividade térmica de um material depende basicamente da densidade de um corpo e tem como significado a capacidade em transmitir uma maior ou menor quantidade de calor por unidade de tempo (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). É influenciada pela espessura do corpo e pela sua variação térmica, quanto maior sua condutividade térmica, maior será a quantidade de calor transmitida por um determinado período de tempo. Na construção civil, no que diz respeito a conforto térmico, buscamos materiais que apresentem uma baixa condutividade térmica, ou seja, materiais considerados bons isolantes térmicos.

$$\lambda = \frac{\Delta Q \cdot L}{A \cdot \Delta t \cdot \Delta T}$$

Onde:

$\Delta Q$  = Variação da quantidade de Calor

$\Delta t$  = Intervalo de tempo considerado

$\Delta T$  = Variação de temperatura

$L$  = Comprimento

$A$  = Área da seção

$\lambda$  = Condutividade térmica

O ar é um dos elementos da natureza que possui menor valor para condutividade térmica, sendo assim um excelente isolante térmico e amplamente utilizado em sistemas da construção civil para melhorar termicamente ambientes residenciais (RORIZ, 2008).

#### 4.3.2.2 Resistência Térmica

A resistência térmica é o inverso da condutividade térmica, ou seja, é a capacidade do material em se opor à passagem de calor através de sua espessura por um determinado período de tempo. A espessura do material é um valor de projeto, já o valor da resistência é obtido através de tabelas que elencam os materiais mais usuais e suas finalidades. A equação a seguir representa a resistência térmica de um objeto homogêneo.

$$R = \frac{L}{\lambda}$$

Onde:

$L$  = Comprimento ou espessura do corpo

$\lambda$  = Condutividade térmica

$R$  = Resistência térmica

Para o cálculo da resistência térmica de um corpo heterogêneo é necessário fazer o cálculo individual de cada resistência, ou seja, deve-se considerar o corpo como corpos homogêneos individuais e por fim somar todas as parcelas para se chegar na resistência térmica total do

corpo. É importante salientar que os elementos construtivos possuem o que chamamos de resistência superficial, considerada como sendo uma fina camada junto ao elemento de vedação que fica em contato tanto com o ambiente externo quanto com o ambiente interno. Essa resistência superficial varia de acordo com o sentido e orientação do fluxo de calor para a superfície interna. Já para a resistência superficial externa tem um valor padrão de 0,04 m<sup>2</sup>.K/W e independe do sentido e direção do fluxo de calor (RORIZ, 2008).

#### 4.3.2.3 Transmitância térmica

A transmitância térmica é a propriedade de um sistema formado por um ou mais componentes individuais que reflete a capacidade deste sistema em transmitir calor através dele. É o inverso da resistência total de um corpo juntamente com suas respectivas resistências superficiais e é considerada como a principal propriedade quando se deseja avaliar o comportamento térmico de um sistema. Quando um elemento apresenta uma elevada transmitância térmica significa que ele não é um bom isolante térmico, ou seja, quando aplicamos materiais com esta propriedade na construção civil significa que a temperatura interna do ambiente tende a se aproximar da temperatura externa. Isso é o que todos projetistas e construtores tentam evitar para que se atinja um conforto térmico elevado e respeitando as normas vigentes de cada região (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014)

$$U = \frac{1}{R_t}$$

Onde:

U = Transmitância térmica

R<sub>t</sub> = Resistência total

#### 4.3.2.4 Densidade de Fluxo de Calor

Esta propriedade nada mais é do que a quantidade de calor transmitida para uma determinada variação de temperatura do material. É a partir deste cálculo que projetistas especificam os materiais para que o ambiente construído não perca calor excessivo para o ambiente externo no

inverno e não ganhe calor excessivo para o ambiente interno no verão (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

$$q = U \cdot \Delta t$$

Onde:

q = Densidade do fluxo de calor

U = Transmitância térmica

$\Delta t$  = Diferença de temperatura entre ambiente externo e interno

#### 4.3.2.5 Fluxo de Calor

A partir do cálculo da densidade de fluxo de calor é possível encontrar o fluxo de calor transmitido por um determinado material. Para isso é necessário determinar a área a ser considerada para o mesmo material. O Fluxo de calor representa a quantidade de energia térmica transmitida através de uma vedação em um dado ambiente (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

$$Q = q \cdot A$$

Onde:

Q = Fluxo de calor

q = Densidade de fluxo de calor

A = Área considerada

#### 4.3.2.6 Capacidade Térmica

Outra propriedade de grande importância para os elementos construtivos é a sua capacidade térmica. Esta propriedade indica a capacidade de um material em reter calor, desta maneira, para que o componente varie sua temperatura em um grau é necessário alta quantidade de calor.

A capacidade térmica de um material depende de três fatores importantes: a espessura do elemento, o calor específico do elemento, a densidade e o número de camadas que constitui o material (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). A equação que calcula a capacidade térmica de um elemento é descrita logo abaixo.

$$C_{Ta} = \sum_{i=1}^n e_i \cdot c_i \cdot \rho_i$$

Onde as constantes da fórmula estão com seus significados logo a seguir.

e = Espessura do elemento no sentido transversal ao fluxo de calor (m);

c = Calor específico do elemento (kJ/kg.K);

$\rho$  = Densidade do elemento (kg/m<sup>3</sup>);

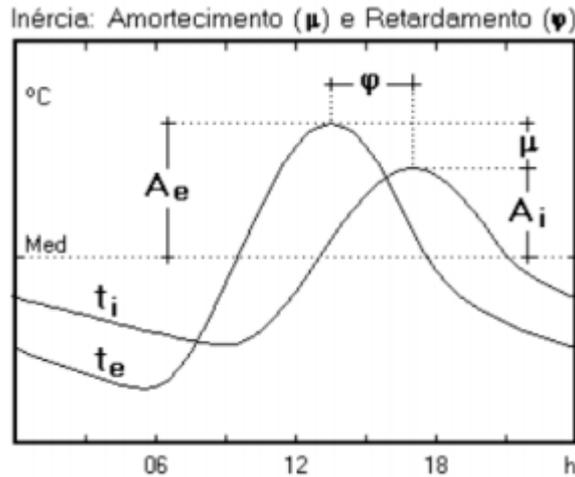
n = Número de camadas de elementos;

#### 4.3.2.7 Inércia térmica

Inércia térmica de um sistema é a capacidade em que um elemento, ou mais, que formam um componente, possui em retardar a passagem de calor para os ambientes internos devido a suas propriedades e diminuir as suas amplitudes térmicas. Entende-se amortecimento ( $\mu$ ) como sendo a relação entre as amplitudes térmicas externa e interna de um sistema onde o calor é transmitido de um meio externo para o meio interno passando por um determinado material que limita estes dois meios. Já o conceito de retardamento ou atraso ( $\varphi$ ) é o fenômeno que ocorre na passagem de calor da face externa para a face interna de um material durante um determinado período de tempo, ou seja, o meio externo demora um determinado tempo para aquecer a face interna do material – caso o meio externo apresente uma temperatura maior - e a partir deste momento a passagem de calor flui para a outra face com o objetivo de equilibrar essa temperatura. Para que a face interna comece a aquecer o meio interno, é preciso que essa face apresente uma elevação de temperatura e que só ocorre após um determinado período de tempo que é o tempo de o fluxo de calor demora para atravessar toda a espessura do material (RORIZ,

2008). A figura 10 abaixo apresenta um gráfico que exemplifica o amortecimento e o retardamento.

Figura 10 - inércia térmica de um determinado material



(fonte: RORIZ, 2008)

De acordo com Roriz (RORIZ, 2008), a inércia térmica é dependente da velocidade que o calor possui para se difundir pelo material a que é submetido, ou seja, de sua difusividade térmica.

$$Dif = \frac{\lambda}{\rho \cdot c} (m^2/s)$$

Onde:

Dif = Difusibilidade térmica do material ( $m^2/s$ )

$\lambda$  = Condutividade térmica do material ( $W/m \text{ } ^\circ C$ )

$\rho$  = Massa específica aparente do material ( $Kg/m^3$ )

$c$  = Calor específico do material ( $J/Kg \text{ } ^\circ C$ )

### 3.6.2.8 Absortância e emissividade

Pode-se entender como absorvência ( $\alpha$ ) e um corpo como o quociente da taxa de radiação absorvida por uma superfície pela taxa de radiação incidente nesta mesma superfície. A emissividade ( $\epsilon$ ) e um corpo é o quociente da taxa de radiação emitida por uma superfície pela taxa de radiação emitida por um corpo negro estando à mesma temperatura (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2005a) Na tabela 4 pode-se verificar alguns exemplos de absorvência e emissividade para os materiais mais usuais.

Tabela 4 – absorvência e emissividade para determinados materiais

<b>Absortância (a) para radiação solar (ondas curtas) e emissividade (e) para radiações a temperaturas comuns (ondas longas)</b>		
<b>Tipo de superfície</b>	<b><math>\alpha</math></b>	<b><math>\epsilon</math></b>
Chapa de alumínio (nova e brilhante)	0,05	0,05
Chapa de alumínio (oxidada)	0,15	0,12
Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante)	0,25	0,25
Caixa nova	0,12 / 0,15	0,9
Concreto aparente	0,65 / 0,80	0,85 / 0,95
Telha de barro	0,75 / 0,80	0,85 / 0,95
Tijolo aparente	0,65 / 0,80	0,85 / 0,95
Reboco claro	0,30 / 0,50	0,85 / 0,95
Revestimento asfáltico	0,85 / 0,98	0,90 / 0,98
Vidro incolor	0,06 / 0,25	0,84
Vidro colorido	0,40 / 0,80	0,84
Vidro metalizado	0,35 / 0,80	0,15 / 0,84
Pintura: Branca	0,2	0,9
Amarela	0,3	0,9
Verde clara	0,4	0,9
“Alumínio”	0,4	0,5
Verde escura	0,7	0,9
Vermelha	0,74	0,9
Preta	0,97	0,9

(fonte: NBR 15.220, 2005a)

### 4.3.3 Caracterização climática

Para se analisar o desempenho térmico dos sistemas construtivos é necessário entender as divisões climáticas existentes em todo território brasileiro e como caracterizado cada divisão.

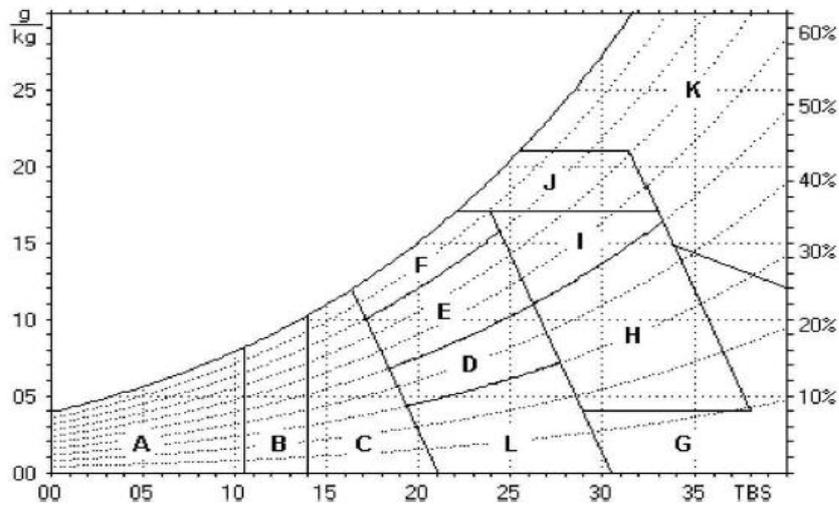
O Brasil apresenta 6 divisões climáticas distribuídas em todo o território de acordo com a sua localização, esses climas são influenciados de acordo com a localização de cada cidade, sendo influenciados pela sua latitude e altitude. As 6 divisões climáticas brasileiras são: tropical, equatorial, semiárido, subtropical, tropical atlântico, tropical de altitude. Todo o estado do Rio Grande do Sul está compreendido no clima subtropical. Este clima é caracterizado por suas temperaturas médias ao longo do ano abaixo dos 20°C e com uma amplitude situada entre 9°C e 13°C, apresentando uma distribuição homogênea da precipitação ao longo do ano, sendo este volume compreendido entre 1.500 milímetros e 2.000 milímetros por ano. Apresenta um inverno rigoroso, podendo ocorrer neve em altitudes elevadas.

#### 4.3.3.1 Carta bioclimática

A carta bioclimática é uma ferramenta criada pelos irmãos Olgyay que relaciona as variáveis climáticas com a percepção de conforto térmico pelo homem. Esta carta bioclimática auxilia projetistas a inferir estratégias para planejamento das edificações. Esta carta foi aperfeiçoada por Gilvoni sendo indicada, inclusive, para países em desenvolvimento (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Esta carta bioclimática faz uma relação da umidade e as temperaturas mínimas e máximas do meio ambiente através de linhas que correlacionam estes pontos. Com o traçado das linhas são formadas regiões no gráfico, sendo estas regiões caracterizadas por uma sensação no indivíduo. Com isso, é possível adotar certas estratégias na edificação que melhoram a percepção de conforto através deste gráfico.

Figura 11 – carta bioclimática



(fonte: NBR 15.220, 2005a)

A NBR 15.220 (2005a) define as regiões (zonas) e as estratégias da carta bioclimática da seguinte maneira descrita logo abaixo.

Quadro 2 – estratégias de acordo com as zonas da carta bioclimática

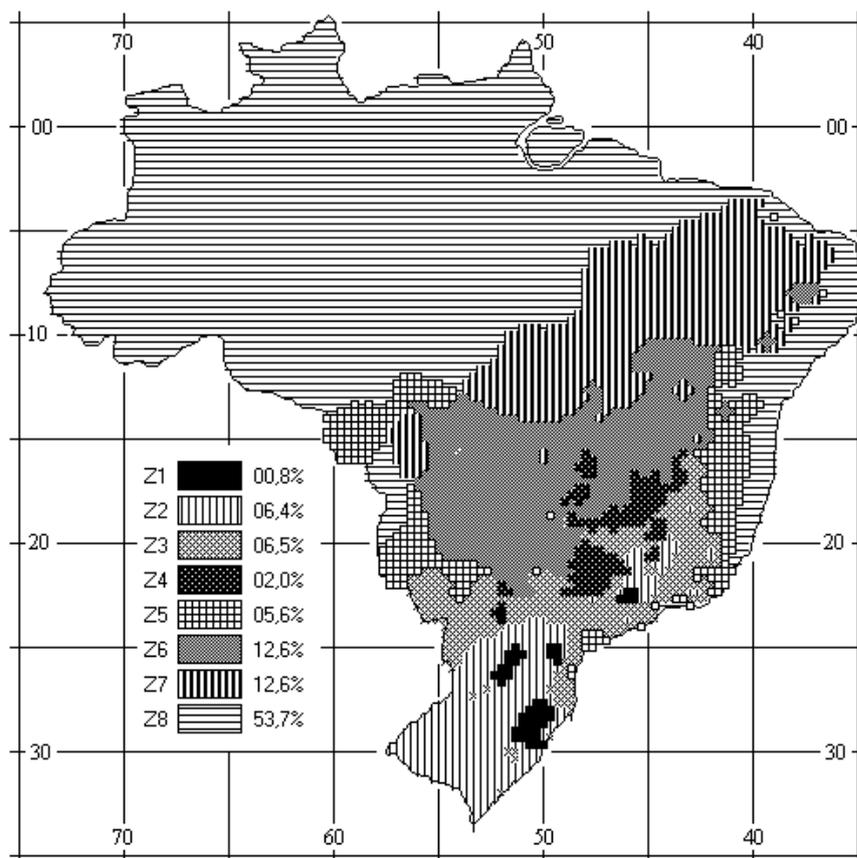
Domínio	Tipo de zona
A	Zona de aquecimento artificial (calefação)
B	Zona de aquecimento solar da edificação
C	Zona de massa térmica para aquecimento
D	Zona de Conforto Térmico (baixa umidade)
E	Zona de Conforto Térmico
F	Zona de desumidificação (renovação do ar)
G + H	Zona de resfriamento evaporativo
H + I	Zona de massa térmica de refrigeração
I + J	Zona de ventilação
K	Zona de refrigeração artificial
L	Zona de umidificação do ar

(fonte: NBR 15.220, 2005a)

#### 4.3.3.2 Zonas bioclimáticas

Segundo a NBR 15.220, o Brasil é dividido em 8 zonas bioclimáticas. Estas zonas estão agrupadas de acordo com o clima e apresentam de forma mais homogênea como cada zona se comporta. Como base de dados para esta divisão territorial foram usadas as médias mensais das temperaturas máximas e mínimas, assim como as médias mensais das umidades relativas do ar (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2005a). Para cada região apresentada, a norma apresenta uma série de recomendações e diretrizes construtivas visando atingir o conforto térmico para seus ocupantes.

Figura 12 - zoneamento bioclimático brasileiro

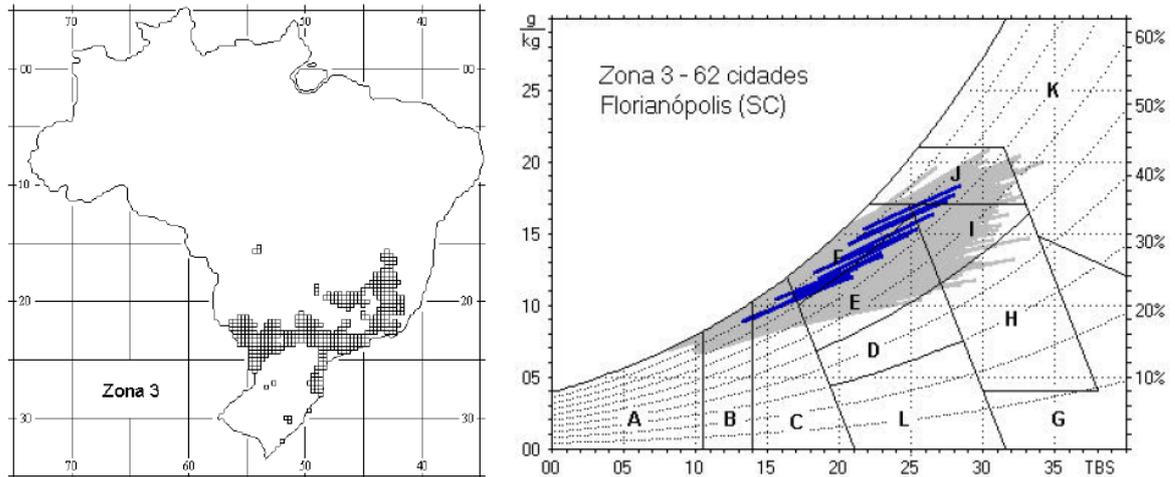


(fonte: NBR 15.220, 2005a)

Segundo esta divisão bioclimática proposta pela ABNT, Porto Alegre está situada na zona bioclimática de número 3. A partir desta análise, é possível prever, de acordo com a NBR

15.220 (2005a), uma série de recomendações sugeridas com o auxílio da carta bioclimática. Abaixo temos uma extração da norma que exemplifica tal aplicabilidade.

Figura 13 – zona bioclimática e carta bioclimática: zona 3



(fonte: adaptado NBR 15.220, 2005a)

A imagem à direita da figura 13 representa as estratégias para adequação do ambiente para se atingir conforto térmico para a zona apresentada. De acordo com a análise da situação do ambiente interno é necessário tomar medidas que satisfaçam o conforto térmico estabelecidos no quadro 2.

Ainda segundo a NBR 15.220 (2005a), as aberturas da edificação para ventilação e sombreamento devem ser de dimensões médias, ou seja, deve apresentar área que represente de 15% a 25% da área de piso e que permitam a entrada de sol durante o inverno. Temos como recomendações para as vedações externas verticais deve ser do tipo leve refletora, ou seja, deve apresentar como característica térmicas como transmitância térmica,  $U$ , menor que  $3,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ ; atraso térmico,  $\phi$ , menor que 4,3 horas. Para a cobertura a norma recomenda que deve ser do tipo leve isolada, ou seja, deve apresentar como transmitância térmica,  $U$ , menor que  $2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$  e atraso térmico,  $\phi$ , menor que 3,3 horas.

As estratégias para o condicionamento térmico passivo que são preconizadas na norma variam tanto para o inverno quanto para o verão. Como recomendação para o inverno pode-se adotar

vedações internas mais pesadas que propiciem uma inércia térmica maior ou aquecimento solar da edificação. Para o verão pode-se adotar ventilação cruzada (ABNT, 2005a).

## 5 ESTUDO DE CASO

Para elucidar os temas abordados neste trabalho, foram escolhidos dois condomínios residências que apresentam como métodos construtivos os métodos aqui já citados e estudados, são eles: parede de concreto moldado no local e alvenaria estrutural de blocos de concreto. A partir da escolha destes dois condomínios residenciais foi elaborado um questionário que abordasse a percepção dos indivíduos residentes destas edificações com relação ao conforto térmico de sua residência e o quanto que aparelhos elétricos modificam termicamente o ambiente. Também foi avaliada a influência da orientação solar em relação a percepção de conforto térmico do usuário da edificação.

Os condomínios visitados estão situados em regiões urbanas e densamente povoadas, as duas apresentam certas particularidades quanto a vizinhança, mas ambas podem ser inseridas em um mesmo critério de análise com relação ao ambiente externo.

### 5.1 Localização das edificações

Os condomínios analisados para o desenvolvimento deste trabalho estão situados na cidade de Canoas e na cidade de Porto Alegre, estado do Rio grande do Sul. A distância entre as edificações analisadas é de 21 quilômetros de distância, sujeitas praticamente aos mesmos fatores climáticos. Desta maneira foi possível ter uma percepção mais precisa com relação ao conforto térmico dos moradores destas edificações para com seus imóveis, variando apenas os métodos construtivos, objetivo principal aqui estudado.

A obra cujo método construtivo usado é parede de concreto moldada no local está localizada na cidade de Canoas, no bairro São José, em frente ao complexo da ULBRA, na rua Lopes Trovão. A edificação não apresenta outras edificações acima de dois pavimentos no seu entorno, sendo exclusivamente os prédios do condomínio agindo como causadores de sombra nos apartamentos. Na figura abaixo fica evidente esta constatação em uma foto tirada pelo período da tarde.

Figura 14 – condomínio parede de concreto



(fonte: CONSTRUTORA A, 2019)

O outro condomínio estudado, que fez uso de blocos de concreto como método construtivo, está localizado na avenida Assis Brasil na cidade de Porto Alegre, mais precisamente no bairro Sarandi. Esta edificação também, assim como o condomínio analisado da cidade de Canoas, não apresenta prédios com alturas relevantes que possam influenciar no sombreamento dos apartamentos internos do condomínio, exceto pelas próprias torres internas que fazem parte do

condomínio. Na figura 15 pode-se ter uma noção de proximidade entre as torres que compõem o condomínio.

Figura 15 – Condomínio alvenaria estrutural de bloco de concreto



(fonte: Construtora A, 2019)

## 5.2 Método utilizado

Para a análise da percepção do conforto térmico proporcionado pelas edificações aos seus moradores foi feito um questionário com o objetivo tão somente de captar como o morador destes condomínios se sentiam ao longo do ano devido às variações climáticas a que estavam submetidos. A partir destas perguntas foi possível identificar possíveis fragilidades dos sistemas construtivos e como a localização do apartamento pode influenciar na percepção térmica do morador. As perguntas aplicadas aos moradores podem ser verificadas no Apêndice A.

Com os resultados do questionário já em mãos, pode-se fazer uma comparação com os valores técnicos dos dois sistemas construtivos, como por exemplo, resistência térmica, condutância térmica, capacidade térmica e atraso térmico.

## 5.3 Cálculos dos Parâmetros Térmicos

### 5.3.1 Alvenaria estrutural de blocos de concreto

Os cálculos dos parâmetros aqui apresentados foram obtidos de acordo com o apresentado da NBR 15.220 (ABNT, 2005a) e as fórmulas aqui já citadas anteriormente. Na tabela 5, logo abaixo, estão as principais propriedades térmicas dos sistemas construtivos estudados. Vale ressaltar que para o sistema de blocos de concreto foi usado como espessura de argamassa interna e externa de 2,0 centímetros, totalizando uma camada de revestimento de espessura de 4,0 centímetros e uma camada total de parede de 18 centímetros.

A seguir será apresentado o cálculo para as propriedades térmicas de acordo com as recomendações da NBR 15.220 (ABNT, 2005) para o método construtivo de blocos de concreto.

Dados do bloco:

Dimensões = 14 cm x 19 cm x 29 cm

$\rho_{\text{concreto}}$ : 2400kg/m<sup>3</sup>

$\lambda_{\text{concreto}}$ : 1,75 W/(m.K)

$c_{\text{concreto}} = 1,00 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$

Considerando a câmara de ar,  $R_{\text{ar}} = 0,16 \text{ (m}^2\cdot\text{K)}/\text{W}$

Dados da argamassa:

$\rho_{\text{argamassa}} = \rho_{\text{reboco}} = 2000 \text{ kg}/\text{m}^3$

$\lambda_{\text{argamassa}} = \lambda_{\text{reboco}} = 1,15 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

$c_{\text{argamassa}} = c_{\text{reboco}} = 1,00 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$

O cálculo quando se possui materiais diferentes para uma mesma seção deve-se fazer o cálculo dos paramentos separadamente e somá-los em paralelo. Sendo uma seção composta de argamassa de revestimento externa mais argamassa de assentamento mais argamassa de revestimento interno. A segunda seção é composta de argamassa de revestimento externo mais bloco de concreto mais argamassa de revestimento interno. É importante ressaltar que deve-se considerar a resistência da câmara de ar presente no interior dos blocos que, segundo a NBR 15.220 é igual a  $R_{\text{ar}}=0,16 \text{ (m}^2\cdot\text{K)}/\text{W}$ . Outro ponto que deve estar presente no cálculo é a resistência superficial externa ( $R_{\text{se}}$ ) com valor de  $0,04 \text{ (m}^2\cdot\text{K)}/\text{W}$  e resistência superficial interna ( $R_{\text{si}}$ ) com valor de  $0,13 \text{ (m}^2\cdot\text{K)}/\text{W}$ , somadas na resistência total do sistema.

Resistencia do bloco:

Resistência a:  $\frac{e_{\text{concreto}}}{\lambda_{\text{concreto}}} = 0,245 \text{ (m}^2\cdot\text{K)}/\text{W}$

Resistência b:  $\frac{e_{\text{concreto}}}{\lambda_{\text{concreto}}} + R_{\text{ar}} + \frac{e_{\text{concreto}}}{\lambda_{\text{concreto}}} = 0,1829 \text{ (m}^2\cdot\text{K)}/\text{W}$

Resistência total do bloco:  $0,4279 \text{ (m}^2\cdot\text{K)}/\text{W}$

Resistencia da parede:

Seção A (revestimento externo + argamassa de assentamento + revestimento interno)

Resistência a:  $\frac{e_{\text{reboco}}}{\lambda_{\text{reboco}}} + \frac{e_{\text{argamassa}}}{\lambda_{\text{argamassa}}} + \frac{e_{\text{reboco}}}{\lambda_{\text{reboco}}} = 0,0435 \text{ (m}^2\cdot\text{K)}/\text{W}$

Seção B (revestimento externo + bloco de concreto + revestimento interno)

$$\text{Resistência b: } \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} + R_{bloco} + \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} = 0,4627 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$$

$$\text{Resistência total da parede: } 0,04 + 0,4627 + 0,13 = 0,6327 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$$

Para o cálculo de transmitância térmica é preciso fazer o inverso da resistência térmica. Desta maneira o valor da transmitância correspondente é  $U=1/0,6327= 1,58 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

### 5.3.2 Paredes de concreto

Seguindo o mesmo raciocínio proposto para o cálculo dos parâmetros térmicos do sistema construtivo de alvenaria estrutural, este capítulo abordará os cálculos para o método construtivo de paredes de concreto.

Os dados iniciais seguem logo abaixo:

$$\rho_{\text{concreto}}: 2400\text{kg/m}^3$$

$$\lambda_{\text{concreto}}: 1,75 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$$

$$c_{\text{concreto}}: 1,00 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$$

espessura da parede: 10 cm

Como a parede possui somente um componente para a seção transversal da parede, o cálculo fica simplificado e somente é considerado a resistência desta seção de 10 centímetros de espessura de concreto.

$$\text{Resistência da parede monolítica: } \frac{e_{\text{concreto}}}{\lambda_{\text{concreto}}} = 0,245 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}.$$

A transmitância térmica sendo o inverso da resistência térmica é  $U=1/0,245=4,1 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ . Na tabela 5 é apresentado os valores respectivos para cada sistema construtivo.

Tabela 5 - propriedades térmicas dos sistemas construtivos

Propriedades	Sistema		Unidade
	Parede de concreto	Blocos de Concreto	
Densidade $\rho$	2400	2400	kg/m <sup>3</sup>
Condutividade $\lambda$	1,75	1,75	W/(m.K)
Calor específico c	1	1	kJ/(kg.K)
espessura e	10	18	cm
Resistência Térmica Rt	0,23	0,63	(m <sup>2</sup> .K)/W
Transmitância Térmica U	4,4	1,58	W/(m <sup>2</sup> .K)
Capacidade Térmica Ct	240	238,3	kJ/(m <sup>2</sup> .K)
Atraso Térmico $\phi$	2,7	4,3	horas
Absortância	0,3	0,3	-

(fonte: adaptado NBR 15.220 e Santos et al)

De acordo com a tabela apresentada, pode-se perceber que a transmitância térmica do sistema construtivo de blocos de concreto é quase metade do valor obtido para o sistema construtivo de parede de concreto. Os dois sistemas têm em comum as propriedades intrínsecas do concreto em seu método construtivo, porém no método que utiliza blocos de concreto leva uma vantagem considerável devido ao formato do bloco possuir uma câmara de ar em seu interior, o que torna a resistência térmica do sistema mais elevado e, conseqüentemente, a transmitância térmica menor do que uma parede maciça de concreto. O ar é por definição um excelente isolante térmico, o que facilita muito neste processo de adequação térmica de um ambiente. Outra definição para as duas edificações analisadas é absortância, as duas edificações apresentam uma pintura com tom amarelado, o que pela norma NBR 15.575 (2013b) define um valor de 0,3.

Apesar de a densidade dos materiais não estar diretamente associada na fórmula do cálculo das resistências térmicas, pode-se considerar a densidade do concreto como uma facilidade do calor se propagar em paredes homogêneas construídas deste material, fato este que difere dos blocos devido também pelas camadas de revestimentos argamassados e câmaras de ar que tornam este sistema um camada heterogênea, elevando sua resistência térmica total e diminuindo sua transmitância térmica.

## 5.4 Recomendações NBR 15.575

A Associação Brasileira de Normas Técnicas apresenta em sua NBR 15.575 de 2013 uma série de parâmetros e recomendações para edificações. Esta norma é dividida em 6 partes, dividindo as exigências construtivas por competência no que se refere a uma edificação. Esta norma tem por objetivo traçar medidas que satisfaçam as exigências dos usuários, desde critérios de segurança até os critérios de sustentabilidade. Logo abaixo estão todos os critérios que as edificações devem atender segundo a NBR 15.575 (2013b):

a) segurança,

- estrutural;
- contra fogo;
- uso e operação

b) habitabilidade,

- estanqueidade;
- desempenho térmico;
- desempenho acústico;
- desempenho lumínico;
- saúde, higiene e qualidade do ar;
- funcionalidade e acessibilidade;
- conforto tátil e antropodinâmico;

c) sustentabilidade,

- durabilidade;
- manutenibilidade;

- impacto ambiental.

Considerando todas estas competências, a norma refere-se ao nível de atendimento às recomendações considerando três níveis, a saber: mínimo (M), intermediário (I) e superior (S). Considerando a competência de habitabilidade, possui o grau de conforto térmico. A NBR 15.575 (2013a) preconiza em sua seção sobre transmitância térmica que as zonas bioclimáticas apresentem determinados valores, sendo separados as zonas 1 e 2, que são as mais rigorosas no inverno das demais zonas, de 3 a 8. Porém, dentro ela diferencia o valor da transmitância térmica para esta última divisão de acordo com a absorvância da superfície. No quadro 3 pode-se perceber estes critérios estabelecidos na norma.

Quadro 3 – transmitância Térmica para as zonas bioclimáticas

<b>Transmitância Térmica U</b>		
<b>W/m<sup>2</sup>.K</b>		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
U ≤ 2,5	Absortância < 0,6	Absortância > 0,6
	U ≤ 3,7	U ≤ 2,5

(fonte: adaptado NBR 15.575, 2013a)

Analisando as duas edificações pode-se perceber que a edificação construída em paredes de concreto possui um valor de transmitância térmica maior que o exigido em norma, ou seja, não possui um bom isolamento térmico e assim está mais propenso às variações climáticas.

Em contra partida temos a edificação construída em bloco de concreto com uma transmitância térmica de 2,88 W/(m<sup>2</sup>.K). Como as duas edificações possuem a mesma absorvância (0,3), conclui-se que a edificação em bloco de concreto apresenta um ambiente mais agradável termicamente devido a sua baixa transmitância térmica. Pode-se concluir isso principalmente pelo fato de que os blocos de concreto possuem em sua face interna uma camada de argamassa para regularizar sua superfície e pelo fato de possuir no interior dos blocos câmaras de ar que dificultam a passagem de calor entre os ambientes interno e externo.

Com relação a capacidade térmica, a NBR 15.575 (2013b) apresenta critérios para todas as zonas bioclimáticas também de acordo suas 8 subdivisões. No quadro 4 segue os valores recomendados.

Quadro 4 – capacidade térmica para as zonas bioclimáticas

<b>Capacidade térmica (CT)</b> <b>kJ / m<sup>2</sup>.K</b>	
Zona 8	Zonas 1,2, 3, 4, 5, 6 e 7
Sem exigência	CT ≥ 130

(fonte: NBR 15.575, (2013b))

Com o resultado das duas edificações analisadas neste trabalho, pode-se perceber que as duas atendem ao critério recomendado pela NBR 15.575 (2013b), ou seja, as duas edificações analisadas apresentam um valor acima de 130 kJ/m<sup>2</sup>.k para a zona bioclimática de número 3. Esta propriedade física já mencionada anteriormente faz referência à capacidade de um corpo em armazenar calor. Para corpos que apresentam um elevado valor de massa e densidade tendem a possuir um alto valor de capacidade térmica.

## 5.5 Estratificação condomínios paredes de concreto

Para a obtenção de um número mínimo de entrevistas necessárias para a validação do questionário foi preciso estudar alguns conceitos de estatística neste trabalho. Segundo Costa Neto (2002), é necessária uma amostra representativa da população para que se obtenha uma pesquisa confiável. Desta maneira, foi realizada a estratificação da população e identificação das subpopulações do condomínio de paredes de concreto de acordo com a sua orientação solar.

Na figura 16 está representado os apartamentos com sua face orientada para o norte com iluminação durante todo o dia - região compreendida pelo retângulo vermelho. Nesta região está compreendido um total de 30 apartamentos entre os blocos 1, 2 e 3. Já na região compreendida no retângulo amarelo estão os apartamentos com face orientada para o sul, não possuindo iluminação solar direta durante o dia, apenas uma parte da reflexão solar em decorrência dos blocos ao lado com face para o norte. Os apartamentos com esta orientação

solar são em um total de 30 apartamentos também e estão nos mesmos blocos citados anteriormente.

Para a obtenção de uma visão mais precisa das respostas obtidas do questionário, foram selecionadas as principais perguntas que serviram como base para os resultados obtidos através do questionário.

A seguir é feito a separação dos apartamentos com face voltada para o norte, porém sem iluminação solar direta, sofrendo sombreamento durante o dia devido à proximidade com os blocos ao lado. Neste grupo de apartamentos estão 40 apartamentos compreendidos entre os blocos de número 4, 5, 6 e 7 e estão representados pelo retângulo de cor azul. A seguir é feito a separação dos apartamentos que possuem face voltadas para o sul e não recebem nenhuma iluminação solar durante os dias do ano, com um total de 40 apartamentos e compreendidos pela marcação retangular de cor laranja. Os apartamentos que possuem sua face voltadas para leste estão representados pela cor verde e recebem luz solar nos períodos da manhã, em um total de 50 apartamentos. Já os apartamentos com face voltadas para oeste estão separados em dois, sendo a região em preto, que recebe luz solar nos períodos da tarde sem obstrução nenhuma e a região em roxo que possui obstrução da incidência solar pelos blocos ao lado.

Figura 16 – separação dos apartamentos de acordo com orientação solar



(fonte: próprio autor, Construtora A, 2019)

De acordo com estas informações é possível identificar 7 subpopulações dentro do condomínio construído de paredes de concreto, são elas: norte iluminado (vermelho), sul sombreado com reflexão da iluminação (amarelo), norte sombreado (azul), sul sombreado (laranja), leste iluminado (verde), oeste iluminado (preto) e oeste sombreado (roxo). Na tabela 6 estão representadas as subpopulações.

Tabela 6 - Subpopulações condomínio paredes de concreto

	Quantidade de apartamentos	Identificação	Entrevistados
Norte iluminado	30		8
Norte sombreado	40		16
Sul sombreado com reflexão	30		6
Sul sombreado	40		10
Leste iluminado	50		4
Oeste iluminado	30		1
Oeste sombreado	20		1

fonte: próprio autor

A seguir são definidos alguns parâmetros para se estimar o número de amostras necessárias de acordo com cada subpopulação. Foi utilizado um nível de significância de 0,95% que está associado a um  $Z=1,96$ . De acordo com Costa Neto (2002), para se estimar o tamanho da amostra é preciso determinar a variabilidade da população ( $\sigma$ ) e o erro máximo aceitável ( $\varepsilon$ ). A seguir está representado a fórmula para o cálculo do tamanho da amostra.

$$n = \frac{z^2 \chi \sigma^2 e}{\varepsilon^2}$$

Onde:

$n$  = número de amostras por subpopulações

$z$  = valor associado ao nível de significância de acordo com a distribuição normal

$\sigma$  = variabilidade da população

Tabela 7 – Dados para determinar a amostra

Dados preliminares necessários para o dimensionamento das amostras	
Nível de significância	0,95
Valor de z associado ao nível de significância	1,96
Desvio padrão natural do processo	0,736
Erro aceitável	0,5
Número de questionários médio por estrato	7
Número de estratos	7
Número total de questionários	46
Número mínimo de questionários por estrato	1
Número máximo de questionários por estrato	16

(fonte: próprio autor)

De acordo com a fórmula apresentada anteriormente é possível determinar o número ideal de amostras para cada subpopulação.

$$n = \frac{(1,96)^2 \times (0,736)^2}{(0,5)^2} \cong 8$$

Como o condomínio foi dividido em 7 subpopulações, o número ideal de entrevistas necessárias para a obtenção de resultados satisfatórios é  $8 \times 7 = 54$  entrevistas. Porém, total de entrevistas realizadas foram de 46 entrevistas. Desta maneira, os resultados obtidos podem não representar de maneira exata a satisfação dos moradores do condomínio construído de paredes de concreto. A mesma observação pode ser feita em relação ao condomínio construído de alvenaria estrutural, pois teve um total de 27 entrevistas.

## 5.6 Resultados totais das entrevistas

O questionário foi aplicado a 46 pessoas do condomínio construído de paredes de concreto e 27 pessoas do condomínio construído de alvenaria estrutural, totalizando 73 pessoas, sendo cada pessoa representante de um apartamento do condomínio. O condomínio visitado construído pelo método de parede de concreto possui um total de 240 apartamentos e o condomínio construído em alvenaria estrutural de blocos de concreto possui um total de 336 apartamentos. Desta maneira, o percentual entrevistado representou 19,1% e 8,03% dos moradores de cada condomínio respectivamente do total de apartamentos dos condomínios

analisados. Como critério para validação das perguntas do questionário foi perguntado inicialmente se a pessoa entrevistada residia no local há pelo menos 6 meses. A partir deste dado é possível afirmar que o morador deste condomínio já presenciou os climas mais rigorosos do ano, inverno e verão.

### 5.6.1 Análise dos resultados considerando a orientação solar para o condomínio de paredes de concreto

Das 12 perguntas presentes no questionário, foram escolhidas 6 que representavam de forma mais precisa a percepção dos usuários com relação ao conforto térmico dos usuários. Desta maneira foi possível traçar uma relação de acordo com a orientação solar para o condomínio de paredes de concreto, demonstrada na figura 16. Separando assim as afirmações com relação ao questionário de acordo com a incidência de luz solar durante o dia ao longo do ano. Esta análise não foi feita para o condomínio de alvenaria estrutural, devido ao baixo número de entrevistas.

Na tabela 8 é possível analisar como é a percepção dos moradores do condomínio construído em paredes de concreto com relação ao conforto térmico de acordo com as respostas obtidas através do questionário e a orientação solar dos apartamentos.

Tabela 8 - Resultados das entrevistas de acordo com a orientação solar parte 1

Identificação	Qual ambiente da sua casa/apartamento possui o melhor conforto térmico?	Qual ambiente da sua casa/apartamento possui o pior conforto térmico?	Você tem em uso na sua residência eletrônicos de condicionamento de ar (aparelhos de ar-condicionado quente/frio ou aquecedores)?
<b>Norte iluminado</b>	Sala	Dormitório 2.	Não possui
<b>Norte sombreado</b>	Sala.	Dormitório 2.	Não possui
<b>Sul sombreado com reflexão</b>	Dormitório 2.	Sala.	Ar condicionado quente/frio.
<b>Sul sombreado</b>	Cozinha.	Sala.	Aquecedor.
<b>Leste iluminado</b>	Dormitório 1.	Dormitório 2.	Não possui
<b>Oeste iluminado</b>	Dormitório 1.	Sala.	Ar condicionado quente/frio.
<b>Oeste sombreado</b>	Cozinha.	Dormitório 2.	Aquecedor.

(fonte: próprio autor)

Percebe-se que os apartamentos que possuem sua face orientada para o norte recebendo iluminação solar direta durante o dia possui como melhor ambiente com relação a percepção

dos usuários é a sala, sendo considerado o pior com relação a percepção dos usuário o dormitório 2, contudo, este cômodo tem sua janela voltada para a face sul, não recebendo, portanto, luz solar direta. Os apartamentos que possuem sua face voltadas para a região sul tendem a apresentar uma percepção dos usuários com relação ao conforto térmico pior, pois não recebem iluminação solar em nenhuma hora do dia, apresentando sombra em todos os cômodos de seus apartamentos durante o dia. Estes apartamentos apresentaram como pior ambiente com relação a percepção dos usuários como sendo a sala e o melhor sendo a cozinha. Um dos motivos que explica esta percepção dos usuários com relação a cozinha é o fato de apresentar sempre uma quantidade elevada de aparelhos elétrico e que produzem calor quando em uso. Percebe-se também que a resposta com relação ao uso de aparelhos eletrônicos de condicionamento de ar apresentou mais afirmações com relação a aquecedores presentes no apartamento.

Na tabela 9 segue a continuação das respostas obtidas com relação ao questionário aplicado aos moradores do condomínio de paredes de concreto.

Tabela 9 - Resultados das entrevistas de acordo com a orientação solar parte 2

Identificação	Com relação ao uso de eletrônicos de condicionamento de ar (aparelhos de ar-condicionado quente/frio ou aquecedores), qual a frequência de uso na sua residência?	Qual o grau de importância você atribui a eletrônicos de condicionamento de ar (aparelhos de ar-condicionado quente/frio ou aquecedores) para um grau de desempenho térmico satisfatório na sua residência?	Como você considera sua casa/apartamento com relação à ventilação
<b>Norte iluminado</b>	Não uso pois não tenho estes equipamentos.	Somente em dias muito quentes.	Bom
<b>Norte sombreado</b>	Não uso pois não tenho estes equipamentos.	Somente em dias muito frios.	Ruim
<b>Sul sombreado com</b>	Uso predominante no Inverno.	Somente em dias muito quentes.	Ruim
<b>Sul sombreado</b>	Uso predominante no Inverno.	Somente em dias muito frios.	Bom
<b>Leste iluminado</b>	Não uso pois não tenho estes equipamentos.	Somente em dias muito frios.	Bom
<b>Oeste iluminado</b>	Uso tanto no inverno quanto no verão.	Somente em dias muito frios.	Bom
<b>Oeste sombreado</b>	Uso predominante no Inverno.	Somente em dias muito frios.	Bom

(fonte: próprio autor)

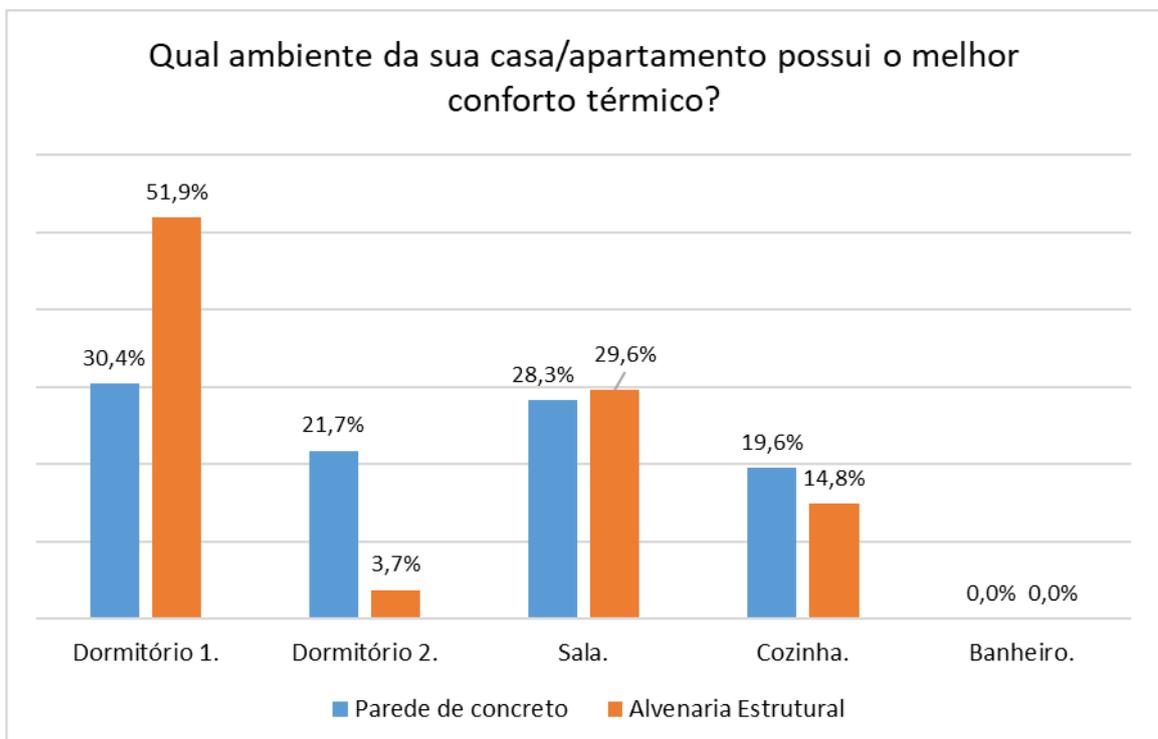
Com relação ainda sobre os apartamentos com sua face orientada para o sul, percebe-se que o uso de aquecedores se dá principalmente em climas de inverno em dias muito frios, contudo, a resposta com relação a ventilação do apartamento foi considerada boa. Através das respostas obtidas, constata-se que as regiões do condomínio construído em paredes de concreto que apresentam uma maior insolação durante o dia apresentam uma percepção melhor com relação

ao conforto térmico e não possuem, em sua maioria, aparelhos elétricos condicionadores de ar em suas residências. Já nas residências que apresentam menos insolação durante o dia, como é o caso dos apartamentos com face para o sul, norte sombreado e oeste sombreado, apresentam uma percepção pior de conforto térmico com relação a climas frios devido à falta de luz solar com incidência direta, o que acarreta o uso de aparelhos elétricos como aquecedores e condicionadores de ar para uma melhor percepção dos usuários com relação ao conforto térmico.

### 5.6.2 Análise dos resultados comparando os dois condomínios

A primeira pergunta do questionário refere-se ao melhor ambiente dentro de sua residência com relação ao conforto térmico. Na figura 17 estão as distribuições das respostas com relação à primeira pergunta do questionário.

Figura 17 - gráfico referente à primeira pergunta do questionário



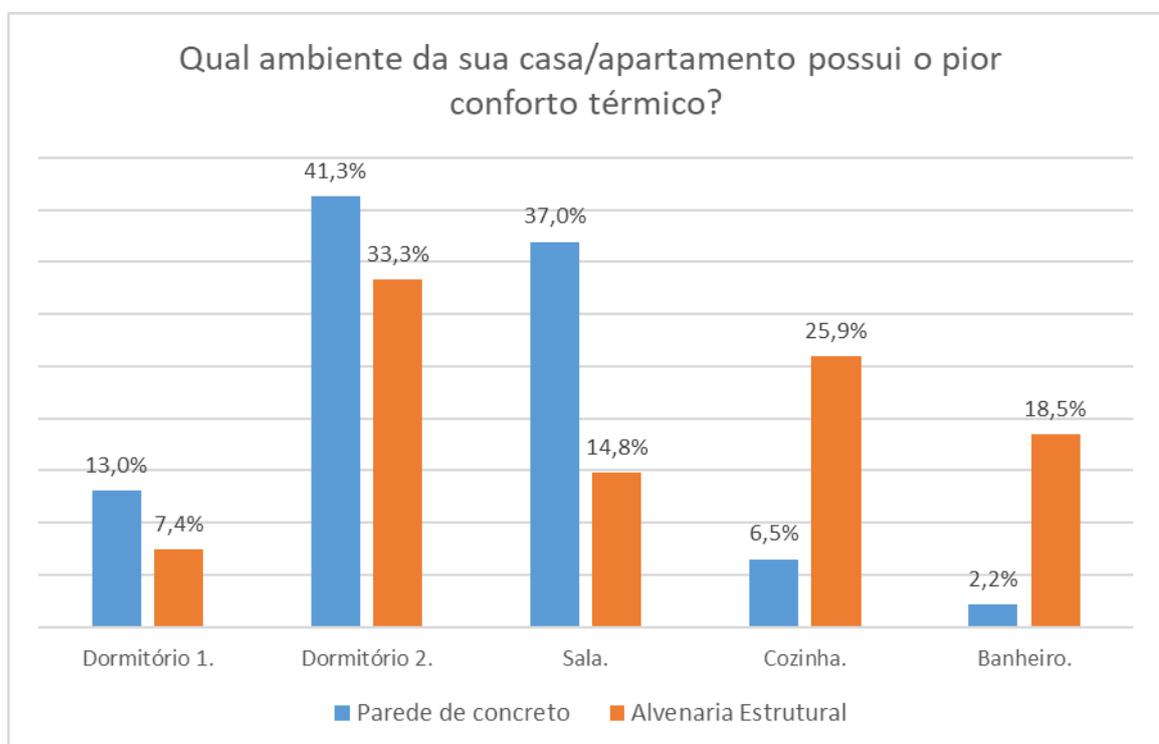
(fonte: próprio autor)

Analisando a figura 17 é possível perceber um número muito maior, para moradores do condomínio de alvenaria estrutural, de respostas que afirmam que o dormitório principal da

residência possui melhor condição térmica, esta pergunta pode ser interpretada como sendo a orientação solar do ambiente que é favorável e, até mesmo, o local onde está instalado aparelhos condicionadores de ar e aquecedores.

Na segunda pergunta do questionário, em complemento da pergunta anterior, foi perguntado aos moradores de ambos os condomínios qual ambiente possui a pior condição térmica segundo a percepção dos usuários. Na figura 18 é possível analisar as respostas obtidas.

Figura 18 – gráfico referente à segunda pergunta do questionário



(fonte: próprio autor)

Um fato curioso das respostas obtidas nesta pergunta foi o percentual de respostas obtidas de pessoas que responderam como o pior ambiente de seu apartamento como sendo o banheiro, sendo muito mais elevado o número de respostas do condomínio construído de alvenaria estrutural. Analisando a planta do condomínio Boulevard das Palmeiras, onde o banheiro foi considerado um dos piores ambientes com relação a insatisfação térmica dos moradores, percebe-se que os dois banheiros do apartamento não possuem nenhuma janela para o ambiente externo ao apartamento. Este fator pode agravar a percepção térmica dos usuários em climas

muito severos, tanto no verão quanto no inverno. Na figura 18 é apresentado a planta do imóvel Boulevard das Palmeiras, construído em alvenaria estrutural de blocos de concreto. Percebe-se que os dois banheiros fazem divisão um para o outro, possuindo apenas um shaft entre eles.

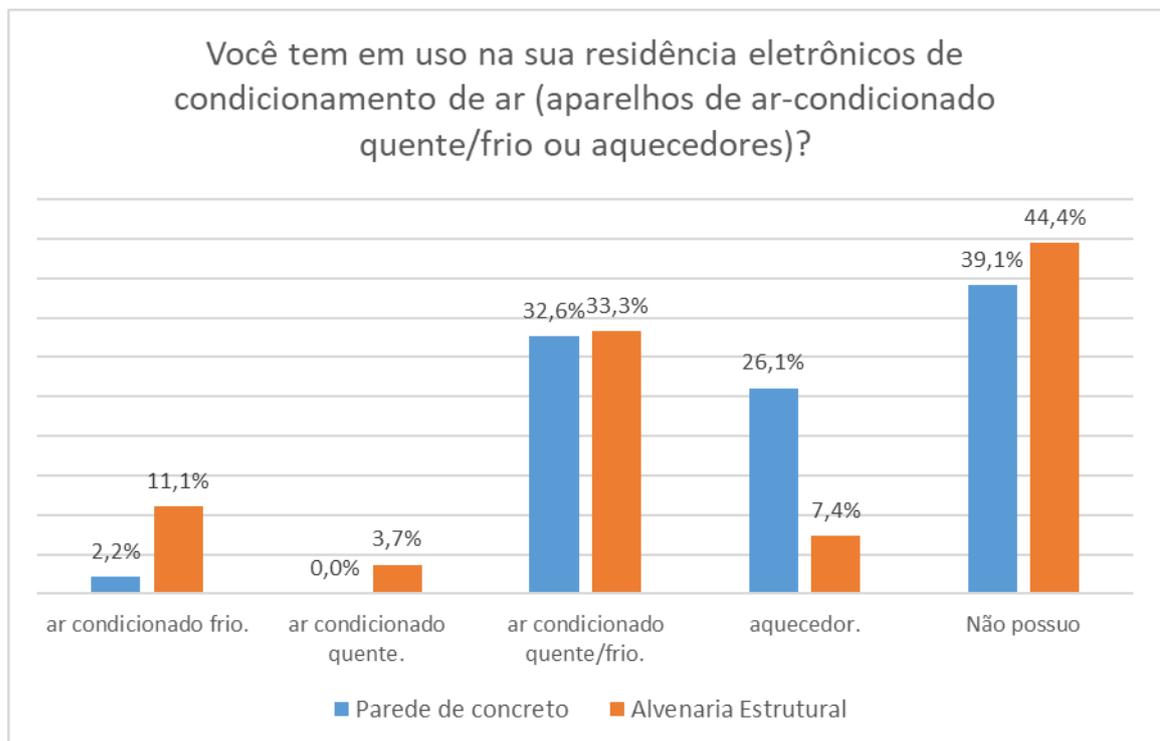
Figura 19 – planta do condomínio Boulevard das Palmeiras



(fonte: Construtora A, 2019)

A pergunta seguinte do questionário aplicado aos usuários dos condomínios analisados refere-se a questão se os moradores possuem em sua residência aparelhos elétricos de condicionamento de ar (ar-condicionado quente/frio ou aquecedores). Na figura 19 pode-se perceber como ficou a distribuição das respostas por parte dos usuários.

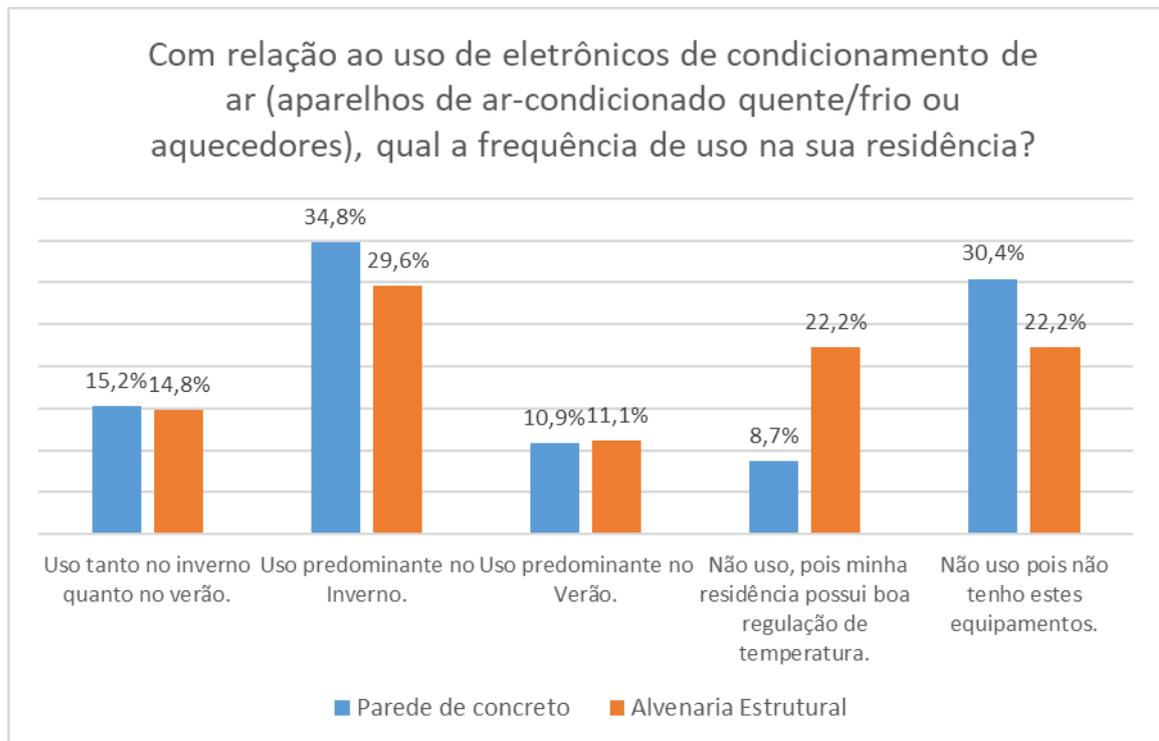
Figura 20 - gráfico referente à terceira pergunta do questionário



(fonte: próprio autor)

A próxima pergunta apresentada pela figura 21 foi com relação à frequência de uso dos aparelhos elétricos para que se atinja uma satisfação térmica por parte dos usuários no ambiente interno. O intuito desta questão era associar à eficiência térmica do ambiente construído de ambos os condomínios com o clima durante as estações do ano.

Figura 21 - gráfico referente à quarta pergunta do questionário

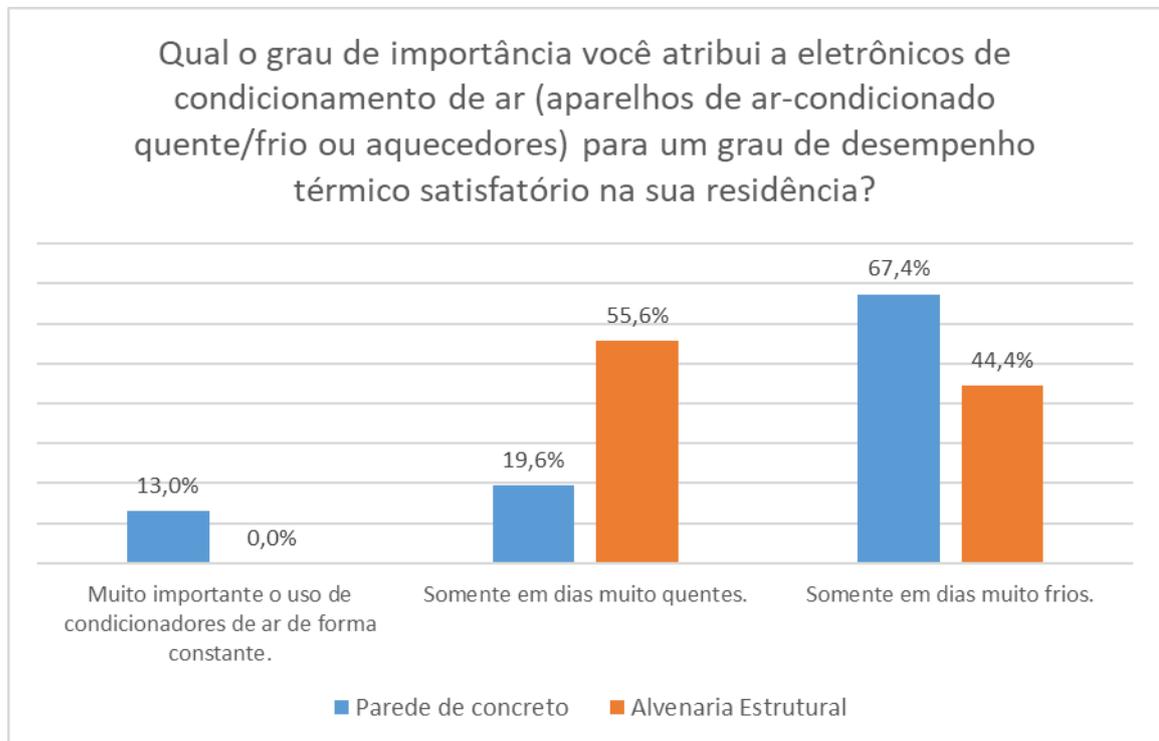


(fonte: próprio autor)

Percebe-se que para o condomínio de alvenaria estrutural construído em blocos de concreto, as respostas dos moradores foram para o uso predominante no clima de inverno. Para os demais climas foi mantido uma proporção entre as respostas. Para os usuários do condomínio construído em paredes de concreto percebe-se que as respostas obtidas prevalecem também para climas frios, seguido para os usuários que afirmam não possuir aparelhos elétricos. Um detalhe que chamou a atenção é o número elevado de afirmações, para moradores de alvenaria estrutural, que afirmam que seus apartamentos já possuem uma boa regulação da temperatura quando comparado com o condomínio de paredes de concreto.

A seguinte pergunta apresentada aos moradores refere-se ao grau de importância que é dado, por parte dos usuários, a aparelhos elétricos condicionadores de ar (ar-condicionado quente/frio e aquecedores) para que se tenha um desempenho térmico satisfatório do ambiente residencial. A distribuição das respostas está apresentada na figura 21, logo abaixo.

Figura 22 - gráfico referente à quinta pergunta do questionário



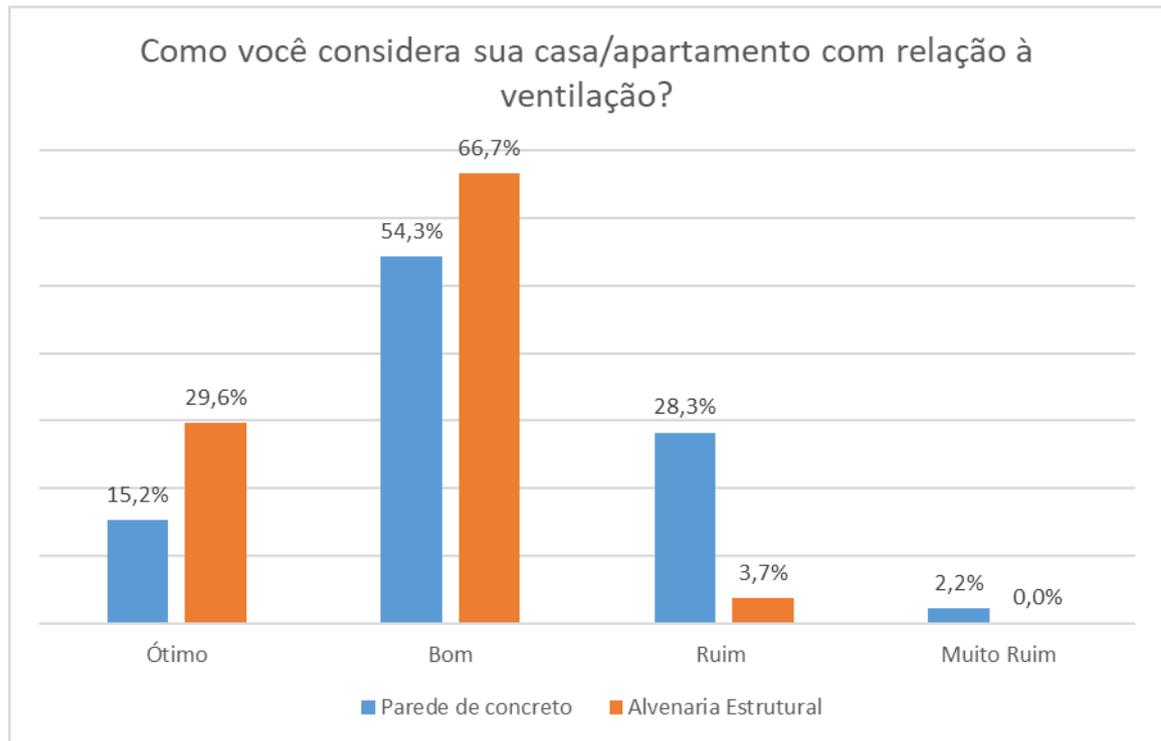
(fonte: próprio autor)

É possível perceber que a quantidade de respostas que afirmam que o uso de aparelhos elétricos de forma constante para que se atinja um maior conforto térmico é muito mais elevada para o condomínio construído em paredes de concreto quando o clima é predominante de inverno. Já para o condomínio de alvenaria estrutural, o número de afirmações é muito mais elevado em climas de verão para o uso de aparelhos elétricos quando comparado com o condomínio de paredes de concreto.

Um fator que é de grande importância para a satisfação térmica de uma pessoa é a ventilação. É preciso que ocorra trocas de ar em um ambiente interno residencial para que se tenha uma satisfação higiênica e térmica adequada. A ventilação pode sofrer grandes interferências com as construções na vizinhança, podendo obstruir a passagem de ar para o interior de apartamentos que estejam em locais mais desfavorecidos. Por isso, foi questionado também aos usuários dos

condomínios analisados qual era o seu grau de satisfação com relação à ventilação de seu apartamento. As respostas obtidas estão apresentadas conforme figura 22.

Figura 23 - gráfico referente à sexta pergunta do questionário



(fonte: próprio autor)

Analisando as respostas obtidas no questionário é possível observar que o grau de insatisfação com relação a ventilação é maior entre os moradores do condomínio construído em parede de concreto. É possível correlacionar as respostas apresentadas na figura 22 com a figura 14, onde mostra o projeto de implantação do condomínio Alto da Baviera. Percebe-se o quão próximo é distância entre os prédios do mesmo condomínio, acarretando circulações de ar com maior dificuldade entre os apartamentos. Outro fator que pode ser considerado é a altura dos prédios, sendo o condomínio construído em alvenaria estrutural com total de 15 pavimentos e o condomínio construído em paredes de concreto com 5 pavimentos apenas. Desta maneira, apartamentos localizados em pavimentos mais elevados possuem uma maior circulação de ar, favorecendo o conforto térmico dos usuários.

Para o condomínio construído em alvenaria estrutural de blocos de concreto percebe-se que o grau de satisfação é melhor quando comparado com o condomínio construído de alvenaria estrutural.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 6.1 Conclusões

Atualmente o conforto dos indivíduos é um tema de extrema importância não só para projetistas, mas também para o cidadão comum que busca se estabelecer em locais mais adequados e que atendam suas exigências. Os requisitos térmicos preconizados em normas nacionais e internacionais são de extrema importância para locais onde há grande concentração de pessoas, como por exemplo, edificações e escritórios comerciais. É preciso que estes locais apresentem um elevado grau de satisfação higiênica para seus usuários para que se consiga tirar o máximo de proveito das propriedades oferecidas pela natureza, como iluminação, ventilação e ganho de calor por parte da radiação solar. Porém é preciso que novos projetos sejam higienicamente mais adequados para as edificações e o uso da energia elétrica ocorra de forma mais racional, não sendo em taxas absurdamente elevadas. Desta maneira os usuários conseguirão tirar o máximo de proveito em seus locais de trabalho.

Da mesma forma pode-se pensar nas edificações residenciais, que foi o tema principal deste trabalho. Os indivíduos do atual cenário estão preocupados com o seu bem-estar em suas residências, sejam elas de alto valor ou até mesmo moradias de baixo custo. Assim, com a construção de moradias de interesse social proporcionadas pelo governo federal através de programas habitacionais, como por exemplo o programa Minha Casa Minha Vida, devem estar inseridas neste contexto, de uso mais racional de energia e a satisfação dos moradores destas construções no que se refere ao seu conforto térmico.

Com a análise obtida através deste trabalho foi possível obter os valores dos parâmetros físicos das edificações analisadas e como os moradores destas edificações estão mais propensos às variações climáticas. Com os parâmetros físicos e resultado do questionário aplicado aos moradores dos dois conjuntos habitacionais foi possível perceber também que as edificações construídas em paredes de concreto estão mais suscetíveis ao desconforto térmico do que as edificações construídas em alvenaria de blocos de concreto, que pode ser resultado além das propriedades térmicas deste sistema construtivo, também devido à proximidade entre os edifícios do condomínio analisado, aumentando o sombreamento e diminuindo a ventilação, fato este que não se pode perceber no condomínio construído em alvenaria estrutural.

## 6.2 Sugestões de trabalhos futuros

Para que se consiga obter conclusões mais precisas e resultados complementares e de forma mais abrangente para estes dois sistemas construtivos, que não foram atingidas neste trabalho sobre conforto térmico, recomenda-se uma maior quantidade de entrevistas de moradores de edificações dos sistemas analisados.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, C. DE O.; PEIXOTO, E. J. DOS S. **Estudo comparativo de custo entre alvenaria estrutural e paredes de concreto armado moldadas no local com fôrmas de alumínio.** Belém: Universidade da Amazônia, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2005a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13281 - Argamassa Para Assentamento e Revestimento de Paredes e Tetos.** Rio de Janeiro, 2005b.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 16055 - Paredes de Concreto Moldadas no Local Para a Construção de Edificações - Requisitos e Procedimentos** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15575-1 Edificações Habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2013a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15575-4 - Edificações habitacionais - Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2013b.
- AZEVEDO, S. DE. Vinte e dois anos de política de habitação popular (1964-86): criação, trajetória e extinção do BNH. **Revista Administração pública**, v. 22, n. 4, 1988.
- BALTOKOSKI, P. L. C. **Comparativo térmico e acústico entre os métodos construtivos, alvenaria convencional e parede de concreto moldada no local.** Pato Branco: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.
- BARON, M. C. P. A produção de habitação e os conjuntos habitacionais dos Institutos de Aposentadorias e Pensões - IAPs. **Tópos**, v. 5, n. 2, 2011.
- BOLAFFI, G. Habitação e Urbanismo: O Problema e o Falso Problema. In: (ORG), E. M. (Ed.). **A produção capitalista da casa (e da cidade) no Brasil industrial.** 2ª ed. São Paulo: Editora Alfa-Omega, 1982.
- BRASIL. **Presidência da República. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei Nº 4.380, de 21 de agosto de 1964.** Brasília, DF, 1964. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L4380.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4380.htm)>
- BRASIL. **Presidência da República. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Decreto-Lei Nº 2.291, de 21 de novembro de 1986.** Brasília, DF, 1986. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/Del2291.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del2291.htm)>
- BRASIL. Relatório das eleições 2002. **Tribunal Superior Eleitoral**, 2003.

BRASIL. **Presidência da República. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei Nº 11.977, de 7 de julho de 2009.** Brasília, DF, 2009. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/11977.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/11977.htm)>

BRASIL. **Minha Casa Minha Vida: 56,4% dos imóveis avaliados apresentam defeitos na construção.** Disponível em: <<https://www.cgu.gov.br/noticias/2017/08/minha-casa-minha-vida-56-4-dos-imoveis-avaliados-apresentam-defeitos-na-construcao>>. Acesso em: 3 maio. 2019.

BRASIL, B. C. DO. **Carta Aberta.** Disponível em: <[https://www.bcb.gov.br/content/controleinflacao/Documents/carta\\_aberta/carta2004.pdf](https://www.bcb.gov.br/content/controleinflacao/Documents/carta_aberta/carta2004.pdf)>. Acesso em: 14 abr. 2019.

CAMACHO, J. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural.** Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2006.

CANO, W. **Raízes da concentração industrial em São Paulo.** Campinas: Dissertação (Doutorado em Filosofia) - Universidade Estadual de Campinas, 1975.

CARDOSO, A. L.; ARAGÃO, T. A.; ARAUJO, F. DE S. **Habitação de Interesse Social: Política ou Mercado? Reflexos sobre a construção do espaço metropolitano.** Disponível em: <<http://anais.anpur.org.br/index.php/anaisenapur/article/view/683>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

CASTRO, J. J. V. et al. Fôrmas para concreto: análise comparativa entre formas mistas e formas convencionais tendo como referência a aplicação Em vigas. **Revista Pensar**, 2017.

CORSINI, R. **Paredes normatizadas.** Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/183/paredes-normatizadas-norma-inedita-para-paredes-de-concreto-moldadas-287955-1.aspx>>. Acesso em: 16 abr. 2019.

D'AMICO, F. O Programa Minha Casa, Minha Vida e a Caixa Econômica Federal. In: **O Desenvolvimento Econômico Brasileiro e a Caixa.** Rio de Janeiro: Centro Internacional Celso Furtado de Políticas para o Desenvolvimento : Caixa Econômica Federal, 2011. p. 33.

FAJERSZTAJN, H.; LANDI, F. R. **Formas para concreto armado - aplicação para o caso do edifício.** Disponível em: <[http://publicacoes.pcc.usp.br/PDF/BTs\\_Petreche/BT60-Fajersztajn.pdf](http://publicacoes.pcc.usp.br/PDF/BTs_Petreche/BT60-Fajersztajn.pdf)>.

FEITOZA, D. M.; DO CARMO, M. P. S. **Uso de paredes de concreto em casas populares.** Barretos: Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, 2012.

FILHO, A. T. **HABITAÇÃO POPULAR NO BRASIL: análise do modelo operacional de financiamento pelas agências oficiais.** Brasília: Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, 2006.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual do Conforto Térmico: arquitetura, urbanismo.** 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GOITIA, V. **Brasileiro leva 1 hora para produzir o que americano faz em 15 minutos.** Disponível em: <<https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2019/03/19/brasil-baixa-productividade-competitividade-comparacao-outros-paises.htm>>.

JARDIM, M. C.; SILVA, M. R. **Programa de aceleração do crescimento (PAC): neodesenvolvimentismo?** 1. ed. São Paulo: Editora da UNESP, 2015.

LAMBERTS, R. et al. **Desempenho térmico de edificações.** Florianópolis: Laboratório de eficiência energética em Edificações, 2016.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura.** São Paulo: Eletrobras/Procel, 2014. v. 3

LAMOUNIER, B.; FIGUEIREDO, R. **A Era FHC - Um Balanço.** São Paulo: Cultura, 2002.

MACHADO, A. A.; MARTINS, O. DE C. **Sistema construtivo de paredes de concreto: considerações sobre os critérios de dimensionamento.** Curitiba: Trabalho de Diplomação (engenharia Civil) - Universidade Tuiuti do Paraná, 2015.

MANZIONE, L. **Projeto e execução de alvenaria estrutural.** São Paulo: O nome da Rosa, 2004.

MAPA DA OBRA. **Bloco cerâmico ou de concreto?** Disponível em: <<https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/bloco-ceramico-ou-de-concreto/>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

MARIANE, A. **Execução de alvenaria estrutural - Blocos devem chegar paletizados e cada lote deve conter identificação por numeração ou por cores.** Disponível em: <<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/158/execucao-de-alvenaria-estrutural-blocos-devem-chegar-paletizados-e-326581-1.aspx>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

MISURELLI, H.; MASSUDA, C. **Paredes de concreto.** Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/147/artigo285766-2.aspx>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

NAKAMURA, J. **Escolha de fôrmas para paredes de concreto deve considerar critérios técnicos e econômicos.** Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/202/artigo304347-2.aspx>>. Acesso em: 3 mar. 2019.

ONGHERO, L. **Combate à retração do concreto com promoção de cura interna.** Florianópolis: Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.

PINHO, D. DE T. PINHEIRO E. **Sistema construtivo de parede de concreto - um estudo de caso.** Fortaleza: Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, 2010.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural.** São Paulo: Pini, 2003.

ROMAN, H. R.; MUTTI, C. DO N.; ARAÚJO, H. N. DE. **Construindo em alvenaria estrutural**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.

RORIZ, M. **Conforto e desempenho térmico de edificações**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2008.

SANTOS, Altair. Sistemas construtivos inovadores chegam ao Minha Casa, Minha Vida. Massa Cinzenta. Disponível em: <<https://www.cimentoitambe.com.br/sistemas-de-construcao-inovadores-chegam-ao-minha-casa-minha-vida/>>.

SCHINAZI, A. et al. **Guia interativo de eficiência energética em edificações**. São Paulo: Mitsidi Projetos, 2018.

SILVA, C. T. A. DA; MELLO, C. D. N. T. DA C.; LEAL, L. R. DO C. A vila do IAPI no contexto de urbanização e industrialização. **Revista Historiador**, v. 2, 2009.

SILVA, R. P. DA. **Urbanização de favelas e o direito à cidade: referências de análise pela experiência da Vila DNOCS, no Distrito Federal**. Brasília: Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Universidade de Brasília, 2014.

SILVA, F. B. **Paredes De Concreto Armado Moldadas In Loco**. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/167/paredes-de-concreto-armado-moldadas-in-loco-286799-1.aspx>>. Acesso em: 3 maio. 2019.

SOARES, E. et al. **Alvenaria de bloco cerâmico x bloco de concreto**. Aracaju: Cadernos de Graduação, 2016.

CONSTRUTORA A, C. **Projeto de formas de alumínio**. Porto Alegre. Construtora a, 2015.

CONSTRUTORA A, C. **Residencial Alto da Baviera**. Disponível em: <<https://www.tenda.com/encontre-seu-imovel/rs/canoas/residencial-alto-da-baviera>>. Acesso em: 19 abr. 2019a.

CONSTRUTORA A, C. **Boulevard das Palmeiras**. Disponível em: <<https://www.tenda.com/encontre-seu-imovel/rs/porto-alegre/boulevard-das-palmeiras>>. Acesso em: 19 abr. 2019b.

## ANEXO A

Pesquisa de satisfação com relação ao ambiente construído para trabalho de conclusão do curso de engenharia civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Aluno: Bruno Henrik Quintana Barletta

Condomínio:

Paredes de concreto                       Alvenaria Estrutural

Você reside no seu apartamento há pelo menos 6 meses?

Sim

Não

1) Qual ambiente da sua casa/apartamento possui o melhor conforto térmico?

Dormitório 1.

Dormitório 2.

Sala.

Cozinha.

Banheiro.

2) Qual ambiente da sua casa/apartamento possui o pior conforto térmico?

Dormitório 1.

Dormitório 2.

Sala.

Cozinha.

Banheiro.

3) Você tem em uso na sua residência eletrônicos de condicionamento de ar (aparelhos de ar-condicionado quente/frio ou aquecedores)?

- ar condicionado frio.
- ar condicionado quente.
- ar condicionado quente/frio.
- aquecedor.

4) Com relação ao uso de eletrônicos de condicionamento de ar (aparelhos de ar-condicionado quente/frio ou aquecedores), qual a frequência de uso na sua residência?

- Uso tanto no inverno quanto no verão.
- Uso somente no Inverno.
- Uso somente no Verão.
- Não uso, pois minha residência possui boa regulação de temperatura.
- Não uso pois não tenho estes equipamentos.

5) Qual o grau de importância você atribui a eletrônicos de condicionamento de ar (aparelhos de ar-condicionado quente/frio ou aquecedores) para um grau de desempenho térmico satisfatório na sua residência?

- Muito importante o uso de condicionadores de ar de forma constante.
- Somente em dias muito quentes.
- Somente em dias muito frios.

( ) Baixa importância o uso de condicionadores de ar.

6) Como você considera sua casa/apartamento com relação à ventilação

( ) Ótimo

( ) Bom

( ) Ruim

( ) Muito Ruim