

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Fernando Predebbon Bastiani

**REVESTIMENTOS DE PISOS INTERNOS: SEU USO E A
RELAÇÃO COM A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UMA
EDIFICAÇÃO**

Porto Alegre
novembro 2015

FERNANDO PREDEBBON BASTIANI

**REVESTIMENTOS DE PISOS INTERNOS: SEU USO E A
RELAÇÃO COM A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UMA
EDIFICAÇÃO**

Trabalho de Diplomação a ser apresentado ao Departamento 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: Ana Luiza Abitante

Porto Alegre
novembro 2015

FERNANDO PREDEBBON BASTIANI

**REVESTIMENTO DE PISOS INTERNOS: SEU USO E A
RELAÇÃO COMA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UMA
EDIFICAÇÃO**

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 Professora Orientadora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, novembro de 2015

Ana Luiza Raabe Abitante
UFRGS
Orientadora

BANCA EXAMINADORA

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

Prof. Ruy Alberto Cremonini (UFRGS)
Dr. pela Universidade de São Paulo

Profa Ana Luiza Raabe Abitante (UFRGS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Tarso e Roseli, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Profa. Ana Luiza Raabe Abitante pelo apoio, incentivo e disponibilidade ao longo deste trabalho.

Agradeço aos demais professores desta Instituição pelos conhecimentos transmitidos durante esta jornada.

Agradeço aos meus colegas da UFRGS pelo crescimento pessoal que me permitiram e pelas amizades verdadeiras que ficaram.

Agradeço aos meus Bois, meu grupo mais sincero de amizade, que sempre estiveram ao meu lado e que jamais me deixaram desistir.

Agradeço aos meus colegas de trabalho que me ajudaram nas coletas de dados, tornando possível a realização deste trabalho.

Agradeço aos meus irmãos, que me transformaram em uma pessoa menos egoísta e com os quais sempre poderei contar.

Agradeço, por fim, mas não menos importante, aos meus pais, que sempre me apoiaram e que jamais mediram esforços para que eu me tornasse o homem realizado que sou hoje.

Quer você acredite que consiga fazer uma coisa ou não,
você está certo.

Henry Ford

RESUMO

Este trabalho versa sobre a influência de diferentes tipos de pisos internos na solicitação de equipamentos de refrigeração em uma dada edificação analisada na cidade de Porto Alegre. Sabe-se que cada revestimento possui diversas propriedades, tais como propriedades mecânicas, óticas, elétricas e térmicas. O foco deste estudo baseia-se nas propriedades térmicas, as quais dizem respeito à forma como o material se comporta em relação a variações de temperatura. Observa-se que, com o passar dos anos, houve um aumento com a preocupação em questões de cunho ecológico e que cada vez mais se tem questionado como tornar as edificações em ambientes que permitam um conforto térmico e que, concomitantemente, não necessitem dispender de um alto grau energético para tal. Diante disso, o setor de construção civil precisou encontrar algumas maneiras que ao menos amenizassem este problema, sem prejudicar a questão do conforto, seja desenvolvendo equipamentos mais eficientes ou métodos construtivos que possibilitem esta característica. É neste ponto que a especificação de pisos internos pode contribuir ou não para o resultado desejado, visto que materiais diferentes possuem desempenhos díspares. Desta forma, através de um acompanhamento diário de quatro ambientes com pisos internos distintos, pôde-se tirar algumas conclusões sobre como que cada um dos revestimentos acaba influenciando na eficiência energética de uma edificação, que vem a ser o potencial de proporcionar conforto, seja ele térmico, acústico ou visual, com um baixo consumo de energia.

Palavras-chave: conforto térmico, eficiência energética, revestimentos internos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama das etapas da pesquisa	14
Figura 2 – Instituto Ling	39
Figura 3 – Orientação solar subsolo 1	40
Figura 4 – Orientação solar térreo	41
Figura 5 – Espaço <i>gourmet</i>	43
Figura 6 – Salão de eventos	44
Figura 7 – Auditório	46
Figura 8 – Galeria de arte	47
Figura 9 – Características dos cômodos	47
Figura 10 – Valores de transmissão de calor para vidros	48
Figura 11 – Fatores de sombra comumente utilizados em projetos	49
Figura 12 – Trocas higrométricas entre o homem e seu entorno	49
Figura 13 – Calor cedido ao ambiente (W) segundo atividade desenvolvida	50
Figura 14 – Dias de acionamento do sistema de refrigeração com uso de 12 horas/dia ..	53
Figura 15 – Dias de acionamento do sistema de refrigeração com uso de 11 horas/dia ..	53
Figura 16 – Dias de acionamento do sistema de refrigeração com uso de 10 horas/dia ..	54
Figura 17 – Dias de acionamento do sistema de refrigeração com uso de 9 horas/dia	54
Figura 18 – Dias de acionamento do sistema de refrigeração com uso de 8 horas/dia	55
Figura 19 – Dias de acionamento do sistema de refrigeração com uso de 7 horas/dia	55
Figura 20 – Dias de acionamento do sistema de refrigeração com uso de 6 horas/dia	56
Figura 21 – Dias de acionamento do sistema de refrigeração com uso de 5 horas/dia	56
Figura 22 – Uso do sistema de refrigeração	57
Figura 23 – Quadro de comando dos aparelhos de ar condicionado	58
Figura 24 – Análise 1	60
Figura 25 – Análise 2	61
Figura 26 – Análise 3	62
Figura 27 – Razão de solicitação do sistema de refrigeração	63

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

Conpet – Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo e Gás Natural

Eletrobrás – Central Elétricas Brasileiras

EPU – Expansão por Umidade

MME – Ministério de Minas e Energia

Petrobrás – Petróleo Brasileiro S.A.

PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem

PEE – Programa de Eficiência Energética

PNE – Plano Nacional de Energia

PNEf – Plano Nacional de Eficiência Energética

PMV – Predict Mean Vote (Voto Médio Predito)

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	12
2.1 QUESTÃO DA PESQUISA	12
2.2 OBJETIVO DA PESQUISA	12
2.2.1 Objetivo Principal	12
2.2.2 Objetivos Secundários	12
2.3 PREMISSA	12
2.4 DELIMITAÇÕES	13
2.5 LIMITAÇÕES	13
2.6 DELINEAMENTO.....	13
3 O CONFORTO TÉRMICO	17
4 A NECESSIDADE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	21
5 SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO	28
5.1 AR CONDICIONADO DE JANELA	30
5.2 MINICENTRAIS <i>SPLIT</i>	30
5.3 <i>MULTISPLITS</i>	31
5.4 <i>SELF CONTAINED</i>	31
5.5 <i>CHILLER E FAN-COIL</i>	31
6 CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS DE REVESTIMENTO EM RELAÇÃO AO CONFORTO TÉRMICO	33
7 A EDIFICAÇÃO ANALISADA	38
7.1 ESPAÇO <i>GOURMET</i>	42
7.2 SALÃO DE EVENTOS	43
7.3 AUDITÓRIO	45
7.4 GALERIA DE ARTE	46
8 ANÁLISE DA SOLICITAÇÃO DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO	48
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
REFERÊNCIAS	67
APÊNDICE 1	69
APÊNDICE 2	74
APÊNDICE 3	79
APÊNDICE 4	84

1 INTRODUÇÃO

Com a Revolução Industrial, iniciada no século XVIII, houve uma completa mudança no funcionamento dos sistemas de produção, o que ocasionou uma enorme dependência do Homem aos sistemas eletromecânicos. Esta dependência expandiu-se de modo a suprir desde necessidades realmente básicas e funcionais até caprichos tecnológicos. Atualmente, a indústria da construção civil dispõe de um alto grau tecnológico e, com o passar dos anos, desenvolveu técnicas capazes de atingir certos níveis de conforto, sejam eles térmicos, acústicos ou visuais para seus usuários.

Dentre estas comodidades, sistemas de refrigeração e aquecimento tem ganhado cada vez mais espaço nas edificações, inclusive se tornando obrigatórios em alguns casos. No entanto, para que tais sistemas possam funcionar corretamente é necessário que muita energia seja dispendida e, com o aumento progressivo da população, a demanda necessária e desenfreada vem se tornando inviável, visto que a maioria das fontes de geração de energia são provenientes de recursos naturais escassos.

A capacidade de geração de energia elétrica, principal energia utilizada em edificações, não tem conseguido acompanhar o aumento do consumo requerido, fazendo com o que o governo muitas vezes seja obrigado a intervir com campanhas de racionamento. Aliado a isto, as tarifas energéticas vêm sofrendo reajustes contínuos e registrando índices recordes de alta, onerando ainda mais o orçamento de famílias e empresas. Diante deste cenário, torna-se imprescindível que as construções consigam elevar os níveis de conforto com o menor consumo de energia possível, ou seja, otimizando os projetos para que tenham alta eficiência energética.

Dentro do âmbito da eficiência energética existem inúmeros meios para alcançar reduções no consumo de energia através de processos construtivos sem prejudicar o conforto do usuário, ou seja, através da escolha de materiais que funcionem como bons isolantes térmicos e que possuam baixa condutividade térmica. De acordo com Lamberts et al. ([2013], p. 210), materiais deste tipo apresentam uma pequena taxa de variação de calor em relação ao tempo de exposição ao mesmo. Desta forma, é perceptível pelos usuários que os revestimentos empregados em uma edificação representam um importante papel na otimização da mesma quando o assunto é eficiência energética, isto é, a escolha de um determinado revestimento

influencia diretamente na frequência com que um determinado sistema de aquecimento ou refrigeração será utilizado para se atingir o conforto desejado.

Perante o exposto, a proposta deste trabalho é discutir a importância crescente que a eficiência energética vem apresentando nas edificações após anos de esquecimento, o qual se deve à despreocupação com o uso de recursos naturais. Além disso, visa comparar o uso de diferentes revestimentos combinados com sistemas de climatização e a influência que os mesmos exercem em termos de redução de consumo energético.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: a escolha de diferentes pisos internos nas dependências de uma dada edificação causa impactos, de ordem econômica, relevantes na eficiência energética da mesma?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal do trabalho é a verificação da relevância, em questões econômicas, da escolha de diferentes pisos internos, sob a ótica da eficiência energética, nas dependências de uma dada edificação.

2.2.2 Objetivos secundários

O objetivo secundário do trabalho é a caracterização dos materiais empregados na edificação considerada quanto ao seu comportamento térmico.

2.3 PREMISSA

Considerando que a eficiência energética de uma construção é cada vez mais solicitada em virtude do aumento das tarifas energéticas e preocupações de cunho ecológico, o trabalho tem por premissa que é de extrema importância o conhecimento das características dos materiais empregados como revestimento interno de uma edificação para que se obtenham resultados satisfatórios e economicamente viáveis durante a vida útil da estrutura.

2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se a estudar a relação entre o uso de revestimentos internos e a eficiência energética causada pelos mesmos em uma edificação chamada de Instituto Ling, sita à Rua João Caetano, 440, na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

2.5 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

- a) considerar a relação entre o tempo de uso diário do sistema de climatização presente na edificação considerada através de controle horário e a temperatura local para que se atinja a temperatura de conforto nos diferentes ambientes da edificação, os quais, por sua vez, possuem distintos revestimentos internos;
- b) considerar o controle de uso (ocupação e quantidade de lâmpadas) de acordo com observação e dados de acesso do local;
- c) considerar os dados levantados entre fevereiro e outubro de 2015;
- d) arbitrar em 23°C a temperatura de conforto dos ambientes;
- e) considerar apenas os ambientes discriminados;
- f) considerar apenas fatores que sejam possíveis de mensurar e que tenham influência direta sobre a temperatura do ambiente analisado, tais como quantidade de pessoas, tipo de iluminação utilizado e demais equipamentos que contribuam de forma considerável para emissão de calor.

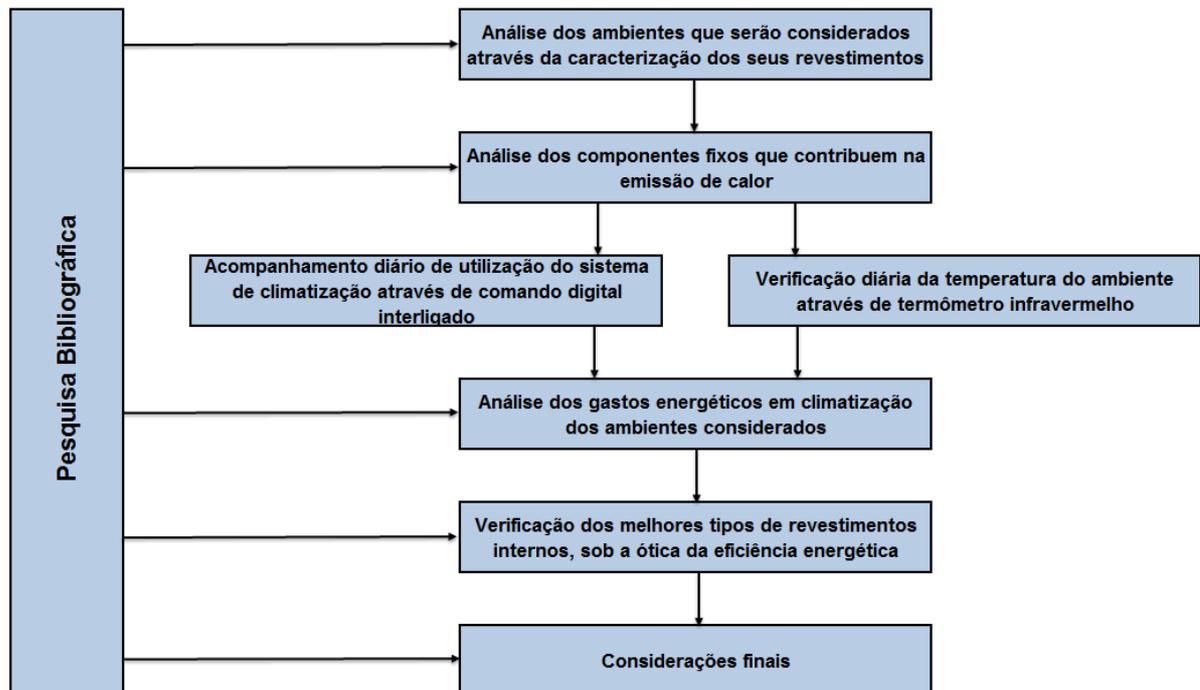
2.6 DELINEAMENTO

O trabalho será realizado através das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 1, e são descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) análise dos ambientes que serão considerados através da caracterização de seus revestimentos internos;
- c) análise dos componentes fixos que contribuem na emissão de calor;
- d) acompanhamento diário de utilização do sistema de climatização através de comando digital interligado;
- e) verificação diária da temperatura do ambiente através de termômetro infravermelho;
- g) análise dos gastos energéticos em climatização dos ambientes considerados;

- h) verificação dos melhores tipos de revestimentos internos, sob a ótica da eficiência energética, para dias em que a temperatura esteja superior à temperatura de conforto e se faça necessário o uso do sistema de climatização;
- i) considerações finais.

Figura 1 – Diagrama das etapas de pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

A **pesquisa bibliográfica** tem como objetivo possibilitar um embasamento referente aos assuntos abordados e será realizada durante toda a execução do trabalho. O principal conteúdo da pesquisa bibliográfica é, nesta fase, o entendimento do conceito de eficiência energética e em quais casos sua aplicação se torna necessária, bem como entender o contexto atual da situação energética em que se vive no país.

Além disso, a pesquisa bibliográfica possibilita o conhecimento das características dos materiais construtivos utilizados para os revestimentos internos da edificação considerada e das propriedades dos corpos que exerçam influência sobre a emissão de calor no ambiente, a qual é de suma importância para manutenção da temperatura de conforto arbitrada.

A **análise dos ambientes que serão considerados através da caracterização de seus revestimentos internos** consiste na especificação de qual tipo de material foi utilizado como revestimento interno em cada um dos ambientes e no detalhamento de suas propriedades

térmicas, as quais são responsáveis pela transmissão ou resistência da passagem de calor entre o revestimento e o local considerado.

A **análise dos componentes fixos que contribuem na emissão de calor** tem como objetivo identificar componentes como lâmpadas e equipamentos eletrônicos que possam emitir calor de forma a aumentar a solicitação sobre o sistema de climatização. É sabido, por exemplo, que lâmpadas halógenas produzem mais calor quando comparadas a lâmpadas LED. Levando em consideração um dos ambientes da edificação considerada em que existam mais de 100 lâmpadas, este é um fator que exerce grande influência sobre a temperatura e que ao longo do trabalho será explanado de forma mais específica através de informações obtidas com os fornecedores dos materiais em questão.

O **acompanhamento diário da utilização do sistema de climatização através de comando digital interligado** consiste na verificação de quantas horas por dia cada equipamento é solicitado, o que permite o cálculo de energia elétrica necessária para tal. Tendo em vista que a edificação considerada possui diversas máquinas condicionadoras de ar e que a única forma de as controlar é através de uma central interligada localizada na sala de administração e sob responsabilidade do autor, torna-se mais fácil obter essas informações, visto que não estão sujeitas à possibilidade de qualquer indivíduo interferir nos resultados.

A **verificação diária de temperatura do ambiente através de termômetro infravermelho** tem o intuito de parear a informação que é obtida através da central digital de comando dos aparelhos com a real temperatura nos ambientes, ou seja, verificar se a temperatura indicada no termostato do sistema de climatização é a mesma que a medida com o equipamento. O termômetro infravermelho trata-se de um dispositivo capaz de medir a temperatura de um ambiente ou até mesmo de uma superfície determinada. Não apresenta significativa importância para os resultados do trabalho, apenas serve como base para saber se os termostatos de cada ambiente estão devidamente ajustados e evitar situações de desconforto térmico para os usuários.

A **análise dos gastos energéticos em climatização dos ambientes considerados** tem como base o cálculo do consumo de energia elétrica que cada condicionador de ar representa, quando em operação, através de informações obtidas pelos fabricantes e pela concessionária de energia elétrica. De tal modo, é possível analisar quais ambientes se tornam mais dispendiosos em virtude do seu revestimento interno.

A **verificação dos melhores tipos de revestimentos internos, sob a ótica da eficiência energética**, vem como um resultado da comparação entre a escolha do revestimento e a solicitação sobre o sistema de climatização e é o ponto chave do trabalho, o qual se objetiva em justamente verificar a relevância destas escolhas de modo a contribuir para a opção mais econômica sem que haja sacrifício da qualidade e do conforto aos usuários. Esta verificação considerará a estação do ano, visto que os resultados podem variar de acordo com as condições analisadas.

As **considerações finais**, por sua vez, apresentarão os resultados e as indicações das escolhas mais apropriadas para cada caso. Esta fase será responsável por analisar se o objetivo do trabalho foi alcançado e a se a hipótese proposta se faz verossímil.

3 O CONFORTO TÉRMICO

Nas últimas décadas, verificou-se um aumento significativo da população. Este crescimento fez com que se tornasse necessário que a produção energética do país o acompanhasse, pelo menos de forma paralela, a fim de não permitir que a mesma pudesse vir a ser insuficiente. Segundo Freitas (2011, p. 17):

No intuito de encontrar alternativas que possam contribuir para que a atividade produtiva seja viabilizada de forma mais eficiente, gerando menos impactos ao meio ambiente e procurando atender as necessidades de um número cada vez maior de pessoas que compreendem o mercado consumidor é que vários estudos e pesquisas vem sendo empreendidos, em diversas áreas do conhecimento.

A geração de energia, independente de qual seja sua fonte, é de suma importância para o desenvolvimento de uma nação, trazendo avanços tanto de ordem industrial e tecnológica quanto para simples melhoria nas condições de vida dos usuários. De acordo com Lamberts et al. ([2013], p. 17):

A maior parte do consumo de energia elétrica em residências destina-se a geladeiras, chuveiros e lâmpadas, porém, mais recentemente, o ar condicionado começa a participar deste cenário com maior consumo, chegando a 20% na média nacional. Esse valor tende a crescer ainda mais num futuro próximo conforme aumente o poder aquisitivo da população e devido a não adequação das edificações ao clima local.

Tendo em vista que este trabalho terá como objetivo avaliar o quanto um determinado tipo de revestimento interno solicita o sistema de climatização, ou seja, interfere na eficiência energética, Bottamedi (2011, p. 38) indica que sistemas de condicionamento de ar são aqueles equipamentos que tratam de forma mecânica “[...] a temperatura, umidade e pureza do ar de cada um dos ambientes.”.

No entanto, apesar de existirem diversas formas de produzir energia, tem surgido cada vez mais preocupações de cunho ecológico para que juntamente a estes processos exista um controle ambiental com o intuito de reduzir os danos causados por essa necessidade humana. Freitas (2011, p. 19) ainda salienta que:

Dentre as preocupações e desafios que estão presentes no século XXI, a energia destaca-se sobremaneira, primeiramente, devido ao acirramento da atividade produtiva nos próximos decênios em virtude das pressões demográficas e do aumento

do mercado de consumo e, também, devido às pressões dos organismos ambientais que exigem a utilização dos recursos naturais de forma racional e preservacionista.

Durante este mesmo período em que se observou todo este avanço na produção energética do país, também se verificou o surgimento de diversas técnicas construtivas, tornando a construção de edificações cada vez mais viável e com um menor uso de materiais, de forma quantitativa. Atualmente, por exemplo, pode-se verificar que era comum que construções realizadas há décadas atrás tivessem paredes de trinta centímetros de espessura frente aos quinze centímetros que podem ser observados nas construções atuais, desconsiderando-se o revestimento argamassado. O ônus destas mudanças é que com estas reduções há um aumento na troca de calor entre os ambientes internos e externos, alterando o conforto do usuário. De acordo com Lamberts et al. ([2013], p. 43), “O conforto ambiental pode ser entendido como um conjunto de condições ambientais que permitem ao ser humano sentir bem-estar térmico, visual, acústico e antropométrico, além de garantir a qualidade do ar e o conforto olfativo.”. Este trabalho será realizado levando em consideração apenas o conforto térmico para sua análise perante a influência dos revestimentos internos empregados nos ambientes analisados.

O conforto térmico, por sua vez, depende de mecanismos termorreguladores cuja função é manter a temperatura interna do corpo constante. Ramon¹ (1980 apud LAMBERTS et al., [2013], p. 44) indica que:

Na presença do frio os mecanismos termorreguladores são ativados com o objetivo de evitar perdas térmicas do corpo ou aumentar a produção interna de calor. Ainda salientam que no caso do calor, o primeiro mecanismo termorregulador a ser disparado é a vasodilatação periférica que, ao contrário da vasoconstrição periférica, aumenta a temperatura da pele, incrementando perdas de calor por convecção e por radiação.

Nota-se que sempre houve um interesse por parte da sociedade em estabelecer padrões de conforto nas habitações. Desta forma, observa-se que “O interesse no estabelecimento de critérios de conforto térmico remonta, na Europa, ao início do século XIX, iniciando com um movimento para modificar as condições existentes na indústria e em habitações (trabalho não publicado)²”.

¹ RAMON, F. **Ropa sudor e arquitecturas**. Madrid: H. Blume Ediciones, 1980.

² Informação obtida na apostila da disciplina Habitabilidade I, ministrada pelo professor Miguel Sattler, no curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, semestre 2015/1.

Conforme Melhado (2003, p. 16), “Entende-se por conforto térmico a situação em que uma pessoa expressa satisfação com o ambiente térmico em que se encontra.”. O autor ainda afirma que “[...] a pessoa não precisará recorrer a nenhum dos mecanismos termorreguladores para manter o equilíbrio térmico interno, necessitando apenas que o calor produzido em excesso seja dissipado ao ambiente.”.

Pode-se perceber que existem diversas variáveis capazes de alterar o conforto térmico, seja de forma positiva ou negativa. Segundo Lamberts et al. ([2013], p. 46), “As variáveis ambientais que influenciam no conforto térmico e podem ser medidas diretamente são a temperatura do ar (T_{AR} - °C), a temperatura radiante (TRM - °C), a umidade relativa (UR - %) e a velocidade do ar (V - m/s) [...]”.

Além disso, compreende-se que “[...] a temperatura do ar representa a temperatura do meio fluido em contato com o corpo, e a temperatura radiante média representa o efeito combinado de todas as superfícies visíveis pelo corpo (trabalho não publicado)³”.

De acordo com Nicol⁴ (2004 apud VECCHI, 2011, p. 11), “A adoção de índices de conforto sem o devido ajuste para climas tropicais úmidos, por exemplo, pode subestimar o limite máximo da temperatura de conforto térmico e, conseqüentemente, estimular o uso desnecessário de aparelhos de ar condicionado.”. O autor ainda salienta que “Uma das premissas para se obter conforto térmico é o alcance dos valores das variáveis climáticas dentro dos limites aceitáveis de conforto para cada região.”.

O conforto térmico nunca foi algo de fácil mensuração, visto que pode variar de indivíduo para indivíduo de acordo com a sensação térmica decorrente em virtude de suas vestimentas, massa corporal, sexo, atividade, entre outros. No entanto, algumas tentativas para que se pudesse determinar índices de conforto térmico foram apresentadas, dentre as quais destaca-se o Voto Médio Predito (PMV), cuja sigla significa *Predict Mean Vote* na língua inglesa. Lamberts et al. ([2013], p. 49) indicam que “Fanger⁵ (1972) derivou uma equação geral de conforto para calcular a combinação das variáveis ambientais incluindo a temperatura radiante média,

³ Informação obtida na apostila da disciplina Habitabilidade I, ministrada pelo professor Miguel Sattler, no curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, semestre 2015/1.

⁴ NICOL, F. Adaptive thermal comfort standards in the hot-humid tropics. **Energy and Buildings**, v. 36, p. 628-637, 2004.

⁵ FANGER, P. O. **Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering**. McGraw-Hill, New York, USA, 1972.

velocidade do ar, umidade relativa, temperatura do ar, atividade física e vestimenta. [...]”. Desta forma, analisam que “[...] o PMV para o conforto térmico é zero, para o frio é negativo e para o calor é positivo [...]”.

De acordo com Vecchi (2011, p. 5):

A estrutura humana, por meio de um processo evolutivo, desenvolveu mecanismos que permitem sua adaptação ao meio com um objetivo principal: alcançar o bem-estar. E conforto térmico, para a maioria das pessoas, nada mais é do que a íntegra sensação de bem-estar. Sensação esta que é essencialmente subjetiva, dependendo da percepção, expectativa e preferência de cada indivíduo, fazendo com que um ambiente possa ser mais confortável enquanto quente para um, ou frio para outro.

Vecchi (2011, p. 29) ainda salienta que:

No Brasil não existem normas específicas que dispõem de métodos para avaliação da sensação térmica das pessoas. Na prática, adotam-se intervalos de conforto para homens europeus e norte-americanos (com biótipo e metabolismo diferentes do brasileiro) estabelecidos em climas temperados. Dentre as normas encontradas na ABNT, se destaca para fins de conforto a NBR 6401/89 – Instalações centrais de ar condicionado para conforto térmico. Nesta norma, são especificados intervalos de temperatura dos ambientes e umidade relativa para o conforto térmico de pessoas em atividades sedentárias.

Diante disso, pode-se perceber que há décadas existe uma preocupação em tornar os ambientes cada vez mais agradáveis a quem os ocupa. Logo, faz-se cada vez mais presente na sociedade contemporânea o entendimento e, principalmente, a incorporação do conceito geral de eficiência energética às construções.

4 A NECESSIDADE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Perante o problema exposto que consiste na manutenção de condições agradáveis quanto ao conforto térmico de um ambiente sem que haja o desperdício de energia utilizada para a produção destas condições, a eficiência energética está cada vez mais em voga. Para Viana et al. (2012, p. 13), “[...] energia corresponde ao conceito desenvolvido juntamente com a Termodinâmica a partir de meados do Século XIX e utilizado para descrever uma ampla variedade de fenômenos físicos.”. Além disso, os autores indicam que:

Por ser um conceito tão fundamental, definir energia é sem dúvida mais difícil e menos importante do que sentir e perceber sua existência, como a causa e origem primeira de todas as mudanças. Boa parte das leis físicas que governam o mundo natural são no fundo variantes das leis básicas dos fluxos energéticos, as eternas e inescapáveis leis de conservação e dissipação, que estruturam todo o Universo, desde o micro ao macrocosmo.

Tem-se por conhecimento que a energia pode estar presente em diversas formas e ser oriunda de diversas fontes. De acordo com Viana et al. (2012, p. 22), “Denominam-se recursos energéticos as reservas ou fluxos de energia disponíveis na Natureza e que podem ser usados para atender às necessidades humanas, podendo ser classificadas essencialmente como recursos fósseis ou como recursos renováveis.”. Recursos fósseis são aqueles que possuem energia acumulada em eras geológica e que são finitos se for considerado o tempo de existência conhecida do Homem frente à data de formação destes recursos. Já os recursos renováveis são provenientes de energias como a solar e a eólica, que não são propriamente consumidas, apenas aproveitadas.

No Brasil, país de grande extensão e fonte de diversas riquezas naturais, muitas vezes não há um uso correto dos mesmos, o que acaba por enfraquecer a matriz energética e possibilitar o aparecimento de falhas como falta de energia elétrica, atrasando o desenvolvimento industrial e interferindo de forma prejudicial no cotidiano da população. Conforme Viana et al. (2012, p. 58):

O Brasil, comparado a outros países, apresenta uma condição energética singular e que evoluiu de forma distinta. Do lado dos combustíveis líquidos, nosso país passou de importador de volumes significativos de petróleo para um quadro de autossuficiência e crescente exportador, explorando suas importantes reservas, o que não justifica o desperdício dos combustíveis. Quanto à eletricidade, o

desenvolvimento de nosso enorme potencial de hidroelétrico impõe custos elevados e apresenta restrições ambientais, ocasionando, às vezes, crises setoriais. Assim, o setor energético brasileiro vivenciou nestas últimas décadas diferentes períodos de carência de vetores energéticos e acumulou razoável experiência na gestão das demandas como ferramenta auxiliar para o equilíbrio do mercado, com interessante acervo de resultados.

Esta má administração dos recursos naturais não existe apenas no Brasil e é algo que vem desde a época da Revolução Industrial, época esta que passou a exigir uma maior demanda energética capaz de suprir o ritmo de produção ascendente. Da mesma forma que trouxe inúmeros avanços positivos, a produção desenfreada e despreocupada com o meio ambiente também deixou diversas marcas que ainda permeiam em uma cultura na qual o lucro se sobressai às necessidades coletivas. Lamberts et al. ([2013], p. 15) afirmam que no início do processo de sistemas artificiais voltados para o conforto e bem-estar dos usuários de uma edificação, o petróleo foi um combustível largamente utilizado para tal finalidade. No entanto, o aumento significativo da população, principalmente nos grandes centros urbanos, tornou inviável a sua utilização da forma desenfreada com que era demandado; tal situação agravou-se ainda mais com a crise do Petróleo em 1973 e novas formas de geração de energia precisaram ser desenvolvidas. O problema insurgente, porém, é que com estas novas modalidades de energia há o aparecimento de impactos indesejados, como poluição, desmatamento, inundação de grandes áreas, entre outros. A partir disso, necessitou-se realizar um estudo que contribuísse para que a demanda energética fosse menor, mas sem prejudicar a qualidade do conforto no ambiente. Esta redução pode tanto vir no processo da própria geração de energia quanto na forma de aproveitar melhor os materiais empregados na construção civil e a maneira com que são utilizados. No estudo da física moderna entende-se que sistemas em que não haja perdas são completamente utópicos; todavia, é função dos engenheiros desenvolver meios capazes de otimizar o rendimento e eficiência dos mesmos e, por sua vez, diminuir o consumo energético.

Foi então que, diante de todos os problemas provenientes do mau uso das fontes de energia e da criação de sistemas artificiais voltados ao conforto térmico para os usuários de uma edificação, se originou a preocupação em construir de forma melhor sob o ponto de vista da eficiência energética. Lamberts et al. ([2013], p. 5, grifo do autor) conceituam que:

A eficiência energética na arquitetura pode ser entendida como um atributo inerente à edificação representante de seu potencial em possibilitar conforto térmico, visual e acústico aos usuários com baixo consumo de energia. Portanto, um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia.

Santamouris et al.⁶ (1996 apud BOTTAMEDI, 2011, p. 2), indicam que:

Um dos principais responsáveis pelo consumo de energia nas edificações é o projeto arquitetônico inadequado, por estar relacionado ao tipo de uso da edificação; tipo de construção; manutenção; sistemas de iluminação e equipamentos; sistemas de aquecimento e resfriamento; entre outros sistemas.

Bottamedi (2011, p. 2-3) ainda sugere que:

Cabe aos arquitetos, engenheiros e outros profissionais, que atuam na área de projeto, construção e operação de edificação, a responsabilidade de projetar e especificar as edificações de acordo com o clima no qual a edificação está inserida, bem como promover o uso eficiente de energia, entendendo que seu desperdício significa exercitar inadequadamente sua profissão. Frente a isto, é que surge o conceito de Edificações Sustentáveis e, com ele, a racionalização do uso da energia que vem sendo adotada com a finalidade de evitar desperdícios, sem comprometer o meio ambiente, as necessidades, a segurança, o conforto, a produtividade e a saúde dos usuários.

O que se percebe, na prática, é que ainda há uma pequena preocupação por parte dos arquitetos e engenheiros em priorizar a eficiência energética, seja por questões culturais ou simplesmente por questões econômicas de curto prazo. Muitas vezes, um investimento inicial que leve em consideração aspectos de eficiência energética, mesmo que seja mais caro de executar, pode compensar ao longo da vida útil da edificação em termos de economia com manutenção e uso, obviamente, de energia. Havendo esta despreocupação, foram criadas algumas instituições a fim de promover o crescimento desta prática. Segundo Viana et al. (2012, p. 31):

O Brasil possui várias instituições que lidam regularmente com o tema da eficiência energética, tais como o Ministério de Minas e Energia – MME; a ELETROBRÁS, responsável pela execução do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel); a PETROBRÁS, responsável pela execução do Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo e Gás Natural (Conpet); a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, responsável pela execução do Programa de Eficiência Energética das Concessionárias Distribuidoras de Energia Elétrica – PEE; as próprias concessionárias distribuidoras; o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – Inmetro, responsável pela execução do Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE; e algumas grandes empresas industriais, que possuem programas internos de conservação de energia.

Além disso, o governo federal tem mostrado interesse na economia de energia. Ainda segundo Viana et al. (2012, p. 31), “Atualmente, o Plano Nacional de Energia (PNE 2030) definiu para 2030 uma meta de economia de 10% no consumo final de energia elétrica.”. Ainda avaliam que esta meta deve “[...] ser alcançada mediante o incremento da eficiência dos sistemas

⁶ SANTAMOURIS, M.; BALARAS, C. A.; DASCALAKI, E.; ARGIRIOU, A.; GAGLIA, A. **Energy conservation and retrofitting potential in Hellenic hotels**. *Energy And Buildings*, [s.l.], v. 24, p. 65-75, 1996.

energéticos, e evidenciou a necessidade de elaborar um plano específico para atender esse desafio.”. Diante disso, concluem que “[...] com esse propósito, o Ministério de Minas e Energia vem elaborando o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf), que deverá nortear essas atividades e constituir um direcionamento fundamental para o desenvolvimento da eficiência energética no País.”.

De acordo com Rockenbach (2004, p. 66), o relatório Brundtland⁷ exibe uma série de medidas a serem tomadas a fim de promover o desenvolvimento sustentável:

- a) limitação do crescimento populacional;
- b) garantia de recursos básicos a longo prazo (água, alimentos, energia);
- c) preservação da biodiversidade e dos ecossistemas;
- d) diminuição do consumo de energia e desenvolvimento de tecnologias com o uso de fontes de energia renováveis;
- e) aumento da produção industrial nos países não-industrializados com base em tecnologias ecologicamente adaptadas;
- f) controle da urbanização desordenada e integração entre campo e cidades menores;
- g) atendimento das necessidades básicas (saúde, escola, moradia).

A partir dessas medidas que devem possuir cumprimento por parte do poder público, nota-se a importância destinada a questões ecológicas, presentes em mais de um item.

Quanto às regulamentações frente à redução no consumo de energia, Lamberts et al. ([2013], p. 20) também complementam que:

No Brasil, a Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia Elétrica, a qual se visa à alocação eficiente de recursos energéticos e a preservação do meio ambiente. A Lei 10.295 tem como ponto fundamental o estabelecimento pelo Poder Executivo dos níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no país, tendo como base indicadores específicos. A Lei discute também a responsabilidade em se elaborar mecanismos que promovam a eficiência energética nas edificações.

Morishita (2011, p. 41), indica que “[...] no que se refere aos refrigeradores e condicionadores de ar, a substituição por equipamentos disponíveis no mercado internacional acarretaria 40% de economia de energia.”. Desta forma, conclui que esta redução ressalta “[...] a má qualidade

⁷ Relatório da Organização das Nações Unidas sobre a sustentabilidade ambiental do planeta Terra.

dos produtos nacionais e conseqüente necessidade de padrões mais altos quanto à exigência de sua eficiência.”.

Ainda para Morishita (2011, p. 5), “Os regulamentos relacionados à eficiência energética em edificações estabelecem requerimentos para alcançar níveis mínimos de eficiência no consumo de energia em edificações novas.”. O autor informa que “[...] o objetivo principal é conservar energia sem comprometer o conforto, a produtividade ou a qualidade arquitetônica das edificações.”. Diante disso, entende-se que tais regulamentos visam uma redução no consumo de energia elétrica oriundo de novas edificações sem que haja prejuízos ao usuário em questões de conforto e sem que ocorra perda na produtividade das construtoras para poderem se enquadrar nesses requisitos mínimos.

Vecchi (2011, p. 25) informa que “Ao ressaltar o desperdício de energia elétrica relacionado a edifícios ineficientes, adverte-se que grande parte do problema está relacionado às grandes alterações nos projetos ocorridas a partir do início do século XX.”. O autor complementa que estas alterações ocorreram através do “[...] uso indiscriminado do vidro e aliado ao grande aumento nas cargas internas.”. Ainda avalia que “[...] como efeito adverso a essas construções, além das mudanças climáticas e aumento da temperatura atmosférica, nota-se um aumento expressivo na aquisição de condicionadores de ar por parte da população.”.

Paralelo ao desenvolvimento de aparelhos consumidores de energia elétrica é de suma importância o incentivo à produção de energias renováveis. Para Gavronski (2007, p. 171), “Atualmente, o critério da sustentabilidade ambiental é cada vez mais levado em consideração na escolha da forma de energia a ser utilizada.”. Além disso, avalia que “[...] na prática, apenas a partir da década de 70 do século XX, é que o desenvolvimento sustentável passou a fazer parte das preocupações da sociedade mais efetivamente.”.

Gavronki (2007, p. 172) ainda complementa que o “[...] Departamento de Energia dos Estados Unidos tem investido ativamente na pesquisa e no desenvolvimento de tecnologias de suprimento de energia renovável, como na eólica, na solar, na geotérmica e na de biomassa.”.

Saindo da esfera global de preocupação com fontes de energia, o Brasil criou, em 1985, o Programa de Conservação da Energia Elétrica. Viana et al. (2012, p. 33) salientam que “Sua atuação, investimentos e mesmo eficácia, no entanto, sofreram flutuações significativas ao longo do período.”. No entanto, apesar destas flutuações, o autor afirma que o Programa de

Conservação da Energia Elétrica “[...] ainda permanece como um apoio institucional importante para alguns programas como o Programa Brasileiro de Etiquetagem, projetos na área de saneamento, edifícios públicos e informação para o público em geral.”.

Morishita (2011, p. 6) complementa que “Diante deste cenário apresentado, mostra-se imperativo o uso racional da energia, evitando ou postergando investimentos relativos à ampliação do sistema de geração, uma vez que as medidas de economia mostram-se eficientes e de menor custo que a ampliação do sistema.”.

Em suma, é inegável que exista um interesse para que se obtenha uma redução no consumo de energia, seja por motivos ambientais ou puramente para evitar que haja interferência na transmissão de energia. Para tal feito, um dos pilares para o alcance deste objetivo vem a ser, justamente, a combinação adequada de formas construtivas mais eficientes e que possibilitem manter o mesmo nível de conforto aos usuários com um menor consumo energético, isto é, através da eficiência energética nas edificações. De acordo com Lamberts et al. ([2013], p. 7), “Já está sendo implantada, por enquanto de forma voluntária, a etiqueta de consumo para edifícios, nos moldes dos que vem sendo feitos na Europa (CB3E 2012).”. Para esta etiquetagem, são considerados “[...] cálculos de aspectos da envoltória do edifício, do sistema de iluminação e do sistema de ar condicionado, esta regulamentação pretende obter a classificação geral do edifício em termos de eficiência energética, que varia do nível A, mais eficiente, ao nível E, menos eficiente.”.

Viana et al. (2012, p. 58) complementam que “Na verdade, a utilização eficiente da energia é um objetivo a ser buscado em qualquer conjuntura, onde a conciliação dos custos de investimento e dos custos operacionais em bases corretas é sempre desejável.”. Além disso, os autores indicam que “[...] mesmo lembrando que promover a eficiência energética não é mais que aplicar os conceitos da engenharia e análise econômica, a questão de implementar a adequada gestão dos fluxos energéticos tem formalizado uma abordagem própria.”.

De acordo com a NBR 15575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013), “A edificação habitacional deve reunir características que atendam às exigências de desempenho térmico, considerando-se a zona bioclimática [...]”. A norma ainda versa que para avaliação da adequação de habitações são considerados dois procedimentos: simulação computacional e medição, ambos normatizados. Sendo assim, há exigência de que no verão “O valor máximo diário da temperatura do ar interior de recintos de permanência prolongada,

como, por exemplo, salas e dormitórios, sem a presença de fontes internas de calor [...] deve ser sempre menor ou igual ao valor máximo diário da temperatura do ar exterior.”. Já quando se considera o inverno, a edificação deve “Apresentar condições térmicas no interior do edifício habitacional melhores que do ambiente externo, no dia típico de inverno [...]”. Desta forma, a norma ainda prevê que para o inverno “Os valores mínimos diários da temperatura do ar interior de recintos de permanência prolongada, como por exemplo salas e dormitórios, no dia típico de inverno, devem ser sempre maiores ou iguais à temperatura mínima externa acrescida de 3°C.”.

5 SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO

Durante o processo de evolução da construção civil, observa-se que o Homem, de uma forma geral, sempre almejou condições de moradia que atendessem não apenas às necessidades básicas de habitabilidade, como saneamento, iluminação, água tratada e encanada, entre outros, mas também melhorias nas condições do conforto ambiental.

Segundo Lamberts et al. ([2013], p. 9, grifo do autor), “Foi na antiga Roma que surgiu o primeiro sistema de aquecimento artificial de que se tem notícia.”. Os autores relatam que “Existiam sistemas para aquecimento de água conhecidos como **Calidarium** e para aquecimento de ambientes como o **Ipocausto** – túneis subterrâneos onde uma fornalha aquecia o ar, que por sua vez aquecia os ambientes [...]”.

No entanto, Rockenbach (2004, p. 20) salienta que:

Muito antes da invenção do aparelho individual de ar condicionado por Carrier, em meados do século XX, a preocupação com o conforto ambiental deu origem a soluções diversas na arquitetura. Embora a arquitetura vernacular tenha sempre se desenvolvido sob esse enfoque, através do uso de materiais adequados para a construção e do aproveitamento de fatores naturais como os ventos e a insolação, o homem percebeu que determinados climas e situações necessitavam de complementos para a obtenção do conforto em situações adversas.

Diante disso, foram criados inúmeros aparelhos capazes de resfriar ou aquecer os ambientes e a escolha correta de cada aparelho para cada caso contribui para a eficiência energética da edificação em questão. Analisando o que Lamberts et al. ([2013], p. 243) comentam, pode-se entender que tendo em vista o crescente aumento em tarifas energéticas, é cada vez mais necessário que as construções demandem o mínimo possível de climatizações artificiais. No entanto, nem sempre se pode apenas utilizar os recursos construtivos e faz-se necessário o uso de equipamentos para tal função. É de extrema importância que o profissional responsável saiba as diferenças entre cada equipamento oferecido no mercado, tanto para aquecimento quanto para resfriamento. A partir desse conhecimento, é possível tomar as decisões corretas na escolha dos mesmos de forma mais eficiente. Condicionadores de ar, por exemplo, são muito satisfatórios para o resfriamento, porém apresentam um péssimo conforto quando são usados para o aquecimento, deixando o ar com pouca umidade e o ambiente desagradável para a

maioria dos usuários. Além disso, deve-se observar o destino de uso da edificação, para verificar a viabilidade das instalações pretendidas de acordo com as exigências demandadas.

Uma ótima alternativa para aquecimento de ambientes pode ser obtida através de pisos aquecidos, sistema instalado sob o piso, antes de seu assentamento, ligado a um termostato de controle que permite a escolha da temperatura local. Conforme Lamberts et al. ([2013], p. 247-248):

Os pisos aquecidos são outra forma de aquecer ambientes com eficiência. Atualmente existem no mercado diferentes formas de alimentação para piso aquecido, podendo este ser elétrico ou por água quente. No piso aquecido por água quente, pode-se optar por aquecimento solar, elétrico ou por sistema a gás. O piso aquecido irradia calor de baixo para cima, propagando-se para o ar através da convecção. O sistema elétrico é composto por resistências elétricas de 100 a 150 W/m².

Os autores ainda salientam que “O piso aquecido possui consumo por ambiente similar ao de um equipamento de ar condicionado com potência adequada ao ambiente, apresentando ainda um possível controle individual de ambientes por termostato.”.

Outra opção de aquecimento se dá através do sistema de calefação, em que radiadores instalados em cada ambiente irradiam o calor produzido através da passagem de água quente pela tubulação do sistema. Esta água, por sua vez, pode ser aquecida através de energia elétrica, gás ou geradores fotovoltaicos.

No entanto, o presente trabalho dará mais enfoque em sistemas de resfriamento como o ar condicionado. Segundo Lamberts et al. ([2013], p. 249), “Em edificações públicas e comerciais o ar condicionado é hoje em dia o sistema mais empregado para climatização.”. Ainda de acordo com os autores:

Embora consuma energia, o ar condicionado é indispensável em algumas edificações. Observam-se aplicações importantes em hospitais, salas de recuperação e outros ambientes que exigem condições especiais, não encontradas no ar externo. Em salas de computadores, por exemplo, o ar condicionado é fundamental pelo fato de alguns componentes eletrônicos apresentarem falha quando aquecidos. Em edifícios comerciais o uso de ar condicionado decorre, muitas vezes, da necessidade de aumentar as condições interiores de conforto e, conseqüentemente, de produtividade.

Lamberts et al. ([2013], p. 249) destacam que atualmente os tipos mais utilizados de ar condicionado nas edificações são:

- a) ar condicionado de janela;

- b) minicentrais split;
- c) minicentrais do tipo multisplit;
- d) self contained;
- e) chiller e fan-coil.

5.1 AR CONDICIONADO DE JANELA

Nas palavras de Lamberts et al. ([2013], p. 249), “Este é o aparelho mais simples e compacto, pois possui o condensador e o evaporador sob o mesmo invólucro [...]”. Ainda indicam que “[...] o ar externo é puxado através da unidade, onde é condicionado e imediatamente entregue ao ambiente interior.”.

Ainda se vê este tipo de condicionador em muitas residências pela sua facilidade de instalação, em que exige apenas uma abertura, de acordo com seu tamanho, na alvenaria ou local de sua instalação. No entanto, para Lamberts et al. ([2013], p. 250), “Em virtude do rendimento do aparelho estar associado a trocas térmicas, sua exposição à radiação solar, seu encapsulamento ou outra forma de estagnação do fluxo de ar comprometem muito (até 30%) sua capacidade de refrigeração, gerando desgaste e consumos excessivos.”. Diante do seu baixo rendimento comparado a outros sistemas de climatização, a preferência dos consumidores (basicamente residenciais) foi direcionada para as minicentrais *split*.

5.2 MINICENTRAIS *SPLIT*

Conforme Lamberts et al. ([2013], p. 250), “Este tipo de ar condicionado pode atender espaços sem paredes voltadas para o exterior, pois possuem as unidades evaporadora e condensadora separadas, podendo estar distanciadas até trinta metros entre si [...]”. Enquanto uma das unidades fica dentro do cômodo que deverá ser climatizado, a outra fica externa à edificação e possibilita, se for o caso, a não interferência da arquitetura com o aparecimento na fachada.

Além de apresentarem um maior rendimento comparado aos condicionadores de janela, possuem o benefício de serem mais silenciosos e, atualmente, é o tipo mais observado nas residências multifamiliares. No entanto, quando os ambientes que serão climatizados forem maiores ou até mesmo do tipo comercial, em que fique difícil um controle individualizado de ambientes, recomenda-se o uso de centrais do tipo *multisplit*.

5.3 MULTISPLIT

De acordo com Lamberts et al. ([2013], p. 251), o multisplit “[...] é o equipamento de menor porte projetado para trabalhar de forma ambiente ou dutado.”.

Sua diferença para a minicentral é que permite a climatização de diversos ambientes de forma simultânea com controle único, ou seja, em caso de o local de instalação ser um escritório, evita que exista diferença de temperatura entre os ambientes.

Já para ambientes maiores e que possuam elevada carga térmica, indica-se o uso de *self contained*.

5.4 SELF CONTAINED

Lamberts et al. ([2013], p. 252) definem *self contained* como “[...] um equipamento orientado para rede de dutos, ainda que também possa ser usado como grelha difusora direto no ambiente.”. Ainda salientam que no mercado podem ser encontrados basicamente três modelos distintos:

- a) self com condensadora de ar incorporada (análogo a um grande aparelho de janela);
- b) self com condensadora de ar remota: disposição semelhante às mini centrais de água;
- c) self com condensação a água: requer uma linha alimentadora de água.

5.5 CHILLER E FAN-COIL

Lamberts et al. ([2013], p. 253) indicam que “Os sistemas compostos por *Chillers* estão associados a uma rede de distribuição de água gelada para unidades conhecidas *por Fan-Coil* [...]”. Complementam ainda que “O *Fan-Coil* é análogo a unidade evaporadora, tendo a função de forçar a passagem de ar pelos tubos de água gelada, jogando ar frio para o ambiente interior.”.

Sistemas como esse são utilizados para o resfriamento de grandes áreas, porém não costumam apresentar capacidade de aquecimento também.

Frente ao conhecimento dos principais sistemas de refrigeração, o presente trabalho analisará uma edificação em que o sistema de climatização é realizado através de sistema *self contained* com condensadora de ar incorporada.

6 CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS DE REVESTIMENTO EM RELAÇÃO AO CONFORTO TÉRMICO

A Engenharia dos Materiais é o ramo da engenharia que estuda a composição química, o arranjo atômico e o subsequente processamento dos materiais, adequando seus empregos a diversos fins de forma a se obter resultados satisfatórios naquilo que se é pretendido. Classificam-se os materiais em três principais classes: metálicos, poliméricos e cerâmicos. Independente de qual seja a classe dos materiais, todos possuem características intrínsecas que dizem respeito à forma como irão se comportar em diversas situações (CALLISTER JR., 2002). Neste trabalho serão estudadas àquelas propriedades dos revestimentos internos que estão relacionadas com o conforto térmico das edificações quando tais materiais são empregados como revestimentos internos.

Com relação aos pisos, Barros et al. (1993, p. 4), destacam as seguintes funções:

- a) a proteção da estrutura (laje) contra a ação de agentes agressivos, evitando a sua degradação precoce e, conseqüentemente, aumentando a sua durabilidade e diminuindo os custos de manutenção dos edifícios;
- b) auxiliar no comportamento global da vedação horizontal contribuindo para: o isolamento termo-acústico; a absorção dos sons de impacto; a estanqueidade aos gases e à água tanto na sua forma líquida como de vapor e a segurança contra o fogo;
- c) valorizar esteticamente o edifício, pois o piso, em especial sua camada superficial, exerce influência significativa na determinação das características estéticas e de qualidade daquele, proporcionando o padrão de acabamento desejado.

Atualmente, pode-se encontrar uma gama cada vez maior de materiais empregados como revestimentos, sejam eles internos ou externos, de uma edificação. Este aumento na variedade de materiais se deve não somente ao surgimento de necessidades humanas, tais como aumento nas condições de conforto (térmico, acústico e visual), mas também ao atendimento de necessidades de ordem construtiva, como o aumento do nível de resistência a fatores como abrasão, solicitação mecânica, penetração de água, entre outros. Além disso, este leque de opções também tem como intuito explorar questões de ordem estética, criando tendências em decoração através do uso de texturas, padrões de combinação, possibilidade de novas cores e

demais aspectos que variam com a moda vigente de cada época. Outro fator importante para esse crescimento de variedade se deve a uma competitividade acirrada entre as empresas. Campante e Baía (2008, p. 11) corroboram que “As transformações que vêm ocorrendo no panorama econômico, político, social e cultural do país, geraram uma situação de maior competitividade empresarial nos diversos setores produtivos, inclusive no setor da Construção Civil.”. Os autores ainda afirmam que “[...] as empresas construtoras estão buscando a obtenção de ganhos de qualidade dos produtos e a redução dos custos de produção, para atingir uma posição favorável no mercado e junto ao seu cliente.”.

Dentre todos os elementos que compõem uma edificação, o revestimento é um deles e não se trata de um mero detalhe arquitetônico, visto que suas propriedades são capazes de alterar as condições de uso dos ambientes, ou seja, a escolha apropriada de um determinado material de revestimento, de acordo com o uso destinado da edificação, contribui para a redução de custos através da redução da solicitação de equipamentos de climatização que visem a obtenção de um determinado nível de conforto térmico.

Os revestimentos possuem diversas propriedades que os caracterizam. De acordo com Vlack (1973, p. 109), as propriedades mecânicas dizem respeito ao comportamento de materiais “[...] quando submetidos a tensões nas situações elástica, de ruptura e de deformação.”. Ainda para Vlack (1973, p. 156), existem as propriedades elétricas, as quais caracterizam a forma em que “[...] campos eletromagnéticos e as cargas elétricas interagem em um material [...]”. Vlack (1973, p. 188) ainda disserta a respeito das propriedades óticas, nas quais “As características mais conhecidas são a transparência, a cor, a refração e a reflexão.”. No entanto, o foco deste trabalho será exclusivo nas propriedades térmicas dos revestimentos, que, por sua vez, tem como base a resistência e a capacidade térmicas e não nas propriedades gerais. Sendo assim, de acordo com Lamberts et al. ([2013], p. 210), “A resistência térmica (R) de um material é sua propriedade em resistir à passagem do calor. Quanto maior a espessura de um material, maior será a resistência que esse material oferece à passagem do calor.”. De maneira análoga, os autores ainda complementam que “[...] quanto maior for a condutividade térmica (λ) de um material, maior será a quantidade de calor transferida entre as suas superfícies e, conseqüentemente, menor será a sua resistência térmica.”.

Ainda para Lamberts et al. ([2013], p. 220):

A capacidade térmica é outra propriedade dos materiais construtivos e indica sua maior ou menor capacidade em reter calor. Um material de grande capacidade térmica necessita de uma grande quantidade de calor para variar de um grau de temperatura seus componentes por unidade de área. Através da obtenção do valor de capacidade térmica se pode avaliar o quanto um determinado material pode contribuir em termos de inércia térmica para um ambiente.

Outra propriedade de análise térmica de uma edificação é a transmitância térmica. Lamberts et al. ([2013], p. 215) definem que “A transmitância térmica é a variável mais importante para avaliação do desempenho de fechamentos opacos.”. Esta propriedade se baseia nas trocas de energia entre o exterior e o interior da edificação. No entanto, apesar de sua extrema importância, não é uma característica dos materiais em si.

Dentre os materiais utilizados para revestimentos de edificações, destacam-se os materiais cerâmicos, madeiras, materiais rochosos, vinílicos e laminados.

Com relação aos revestimentos cerâmicos, Campante e Baía (2008, p. 15) colocam que:

[...] o termo revestimento cerâmico é usado com frequência para designar as placas cerâmicas para o revestimento, mas, tecnicamente, o revestimento cerâmico deve ser entendido como o conjunto composto por placas cerâmicas, argamassa de fixação e de rejuntamento. Sendo uma parte integrante do edifício, é necessário que esse revestimento apresente propriedades específicas e cumpra as suas funções, contribuindo para o adequado desempenho do edifício como um todo.

Os materiais rochosos, por sua vez, são extraídos da natureza, ou seja, não passam por um processo de fabricação, mas sim por um processo de beneficiamento com o objetivo de obter as dimensões e o acabamento superficial desejados. Segundo Figueiredo (2006, p. 16), “O tema condutividade térmica das rochas é menos explorado quando se comparado com os minerais e ainda carece de informações mais precisas e detalhadas, em especial de dados qualitativos.”.

Logo, verifica-se que as características dos materiais rochosos e seu comportamento em diferentes temperaturas depende de sua composição. Segundo Figueiredo (2006, p. 18):

A organização da rede cristalina e a predominância de cristais tende a facilitar a condução de calor. A vibração da rede cristalina e dos elétrons livres são os processos básicos para explicar a condução térmica em sólidos cristalinos e/ou metálicos, portanto aqueles materiais com maior organização cristalina e maior quantidade de elétrons livres, de modo geral, tenderão a possuir maiores valores de condutividade térmica.

Ainda para Figueiredo (2006, p. 69), “As rochas ornamentais quando utilizadas como revestimento na construção civil, além de seu papel decorativo servem de elemento durável

protegendo superfícies externas e internas.”. O autor também salienta que a obtenção de “[...] dados de condutividade térmica poderiam ser utilizados ainda como importante parâmetro para o cálculo do conforto térmico em edificações [...]”.

Frente ao comportamento dos materiais rochosos quando comparados aos materiais cerâmicos, Figueiredo (2006, p. 73) conclui que:

Numa avaliação crítica da aplicação de materiais rochosos nos mais variados ambientes deve-se levar em consideração que estes não são os melhores isolantes térmicos e que existem materiais com a mesma função (revestimento) com menores condutividades térmicas como, por exemplo, as porcelanas e porcelanatos. Entretanto a beleza estética dos materiais naturais e a resistência ao atrito em muitos casos superior ao de algumas cerâmicas induz o comprador a adquirir materiais rochosos como revestimento.

O referido autor ainda salienta que “A ideia portanto é tentar unir parâmetros importantes tais como: resistência a abrasão, beleza estética, índices físicos, etc. com a condutividade térmica e sugerir parâmetros para as melhores aplicações possíveis culminando numa melhor aplicação e conforto térmico.”.

O conjunto de propriedades dos materiais de revestimento relacionados à variação de temperatura são de extrema importância na influência que exercem sobre o conforto térmico local, visto que contribuem de forma direta para a alteração da percepção de temperatura no local pelo usuário. De acordo com Vlack (1973, p. 130), “[...] quando a temperatura de um material varia, sua energia interna varia também, evidenciando várias propriedades de interesse para o engenheiro.”.

Em função das condições a que estão submetidos os revestimentos, tais como temperatura, destaca-se a dilatação térmica. Para Campante e Baía (2008, p. 25), “A dilatação térmica é um fenômeno reversível e ocorre principalmente em locais sujeitos a aquecimentos.”.

Ainda dentro do conjunto de propriedades dos materiais de revestimentos, Vlack (1973, p. 134) define a capacidade calorífica como sendo “[...] a derivada do calor contido de um material, H , em relação à temperatura, T .”. De tal forma, pode-se interpretar como sendo a quantidade de calor necessária para variar a temperatura do material em questão em uma unidade de temperatura. O autor ainda atenta para o fato de que mesmo que a temperatura aumente indiscriminadamente, a capacidade calorífica aumenta apenas até atingir um certo valor máximo.

Diante do que está exposto, conclui-se que materiais com uma alta capacidade calorífica necessitam de uma maior taxa de calor para variarem sua temperatura, enquanto aqueles com baixa capacidade calorífica variam sua temperatura com pequenas variações de calor. Logo, um fator determinante para a capacidade calorífica dos materiais é a porosidade, visto que um material que tiver uma alta porosidade atingirá uma dada temperatura de forma mais rápida do que outro material que tiver uma baixa porosidade com a mesma quantidade de calor, justamente em virtude de o primeiro material possuir uma menor quantidade de massa por unidade de volume. De tal forma, é possível interpretar que materiais com baixa porosidade são mais indicados para a manutenção de uma temperatura constante em um ambiente em função da capacidade calorífica.

No entanto, a manutenção da temperatura constante de um ambiente interno depende do conjunto de todas suas propriedades. Conforme já mencionado, o comportamento dos materiais utilizados como revestimento também depende da condutividade térmica. Para Vlack (1973, p. 136), a condutividade térmica, ou condutibilidade térmica, pode ser interpretada como “[...] o coeficiente que relaciona a velocidade de transferência de calor por unidade de área [...]”, sendo esta uma “[...] propriedade intrínseca do material [...]”. Para o autor, a transmissão de energia ocorre através dos fônons, os quais são uma quantificação de energia térmica dada pela vibração da estrutura interna destes materiais. Justamente por se tratar de uma propriedade intrínseca do material é que a mesma se torna muito importante no momento da escolha do material de revestimento adequado. Em outras palavras, pode-se entender que quanto menor for o coeficiente de condutividade térmica, melhor será o comportamento do material como isolante térmico.

Diante da compreensão das características que influenciam no comportamento de diferentes materiais de revestimento quando submetidos a diversas temperaturas, será dada ênfase em revestimentos internos dos tipos cerâmicos, rochosos e de madeira para a análise da sua influência sobre a solicitação do uso de sistema de climatização nos ambientes considerados, a fim de comparar como se dá esta solicitação quando o revestimento é distinto, porém em uma mesma edificação.

7 A EDIFICAÇÃO ANALISADA

A edificação em que será analisada a relação do uso dos revestimentos internos com a eficiência energética que cada tipo proporciona de acordo com a solitação que existe sobre as máquinas condicionadoras de ar de forma a se obter o conforto térmico nas instalações está localizada na rua João Caetano, 440, na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

O local funciona como um centro cultural conhecido como Instituto Ling. O Instituto Ling teve início no ano de 1995 por iniciativa do casal Sheun Ming Ling e Lydia Wong Ling, com o intuito de contribuir com a sociedade através de investimentos em educação, concedendo bolsas de estudo nas melhores instituições de ensino do mundo.

Dados do próprio Instituto revelam que durante os 19 anos de atividades, já foram ofertadas 232 bolsas de estudo para cursos de mestrado e pós-graduação no exterior, o que representa um investimento de U\$ 4,3 milhões.

No início, o Instituto Ling não possuía sede própria nem atividades culturais e compartilhava espaço com a Évora Holding Company, empresa da família Ling. Foi apenas no ano de 2014 que o projeto de possuir uma sede que contemplasse além da concessão de bolsas de estudo virou realidade e foi construído o centro cultural do Instituto Ling.

No local existem espaços como auditório, café, galeria de arte, salão de eventos, salas de aula, salas de reuniões, laboratório gastronômico, entre outros. Tendo em vista um enfoque repleto de contemporaneidade, porém sem deixar a eficiência energética de lado, o projeto foi realizado pelo renomado arquiteto brasileiro Isay Weinfeld e conta com amplos jardins irrigados através de água da chuva armazenada, iluminação natural, sistema de climatização individualizado por ambientes, iluminação em LED, esquadrias de vidro duplo que proporcionam aumento do conforto térmico e acústico, entre outros aspectos que visam uma redução no consumo energético da edificação. A figura 2 mostra o local analisado.

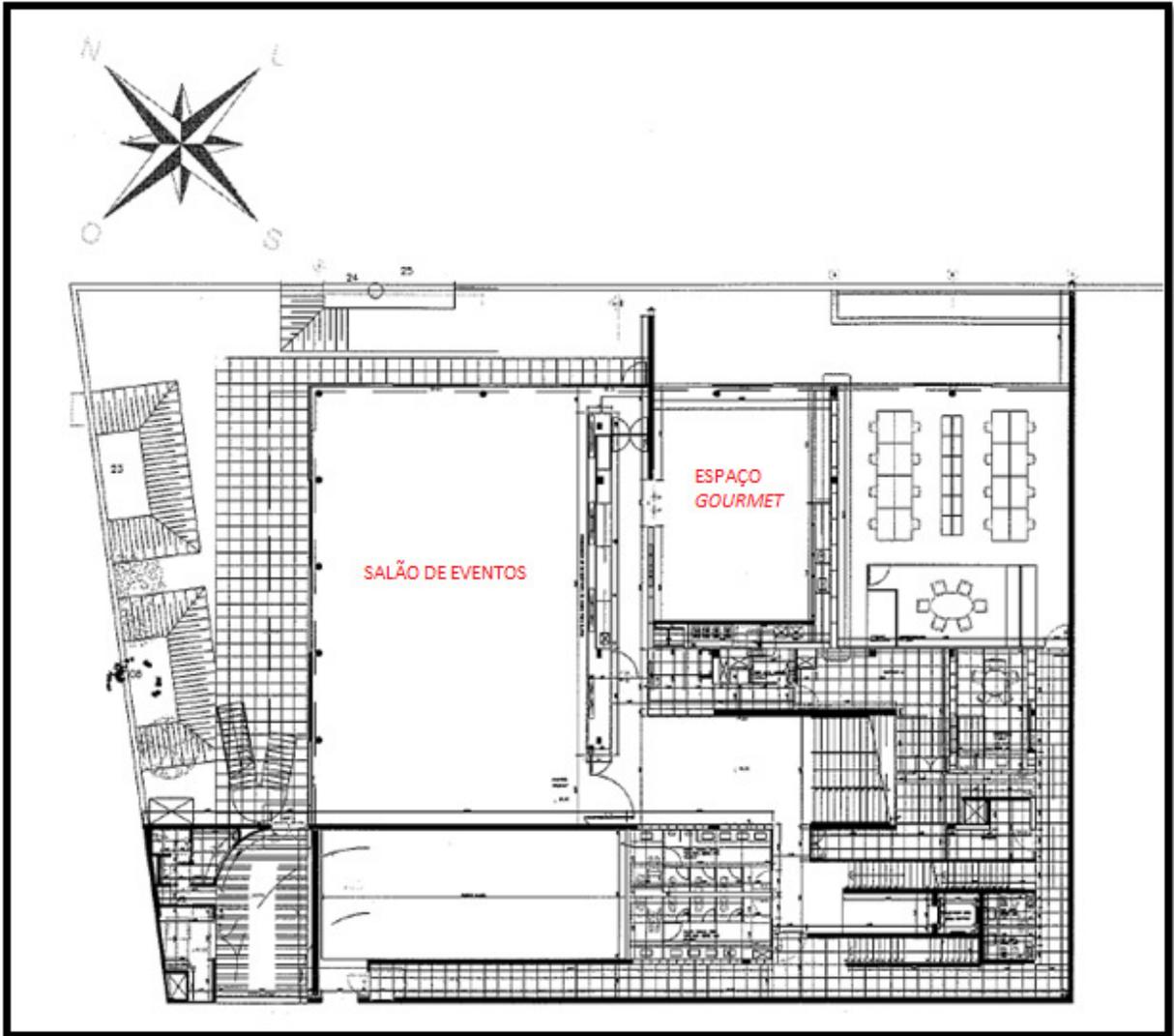
Figura 2 – Instituto Ling



(fonte: elaborado pelo autor)

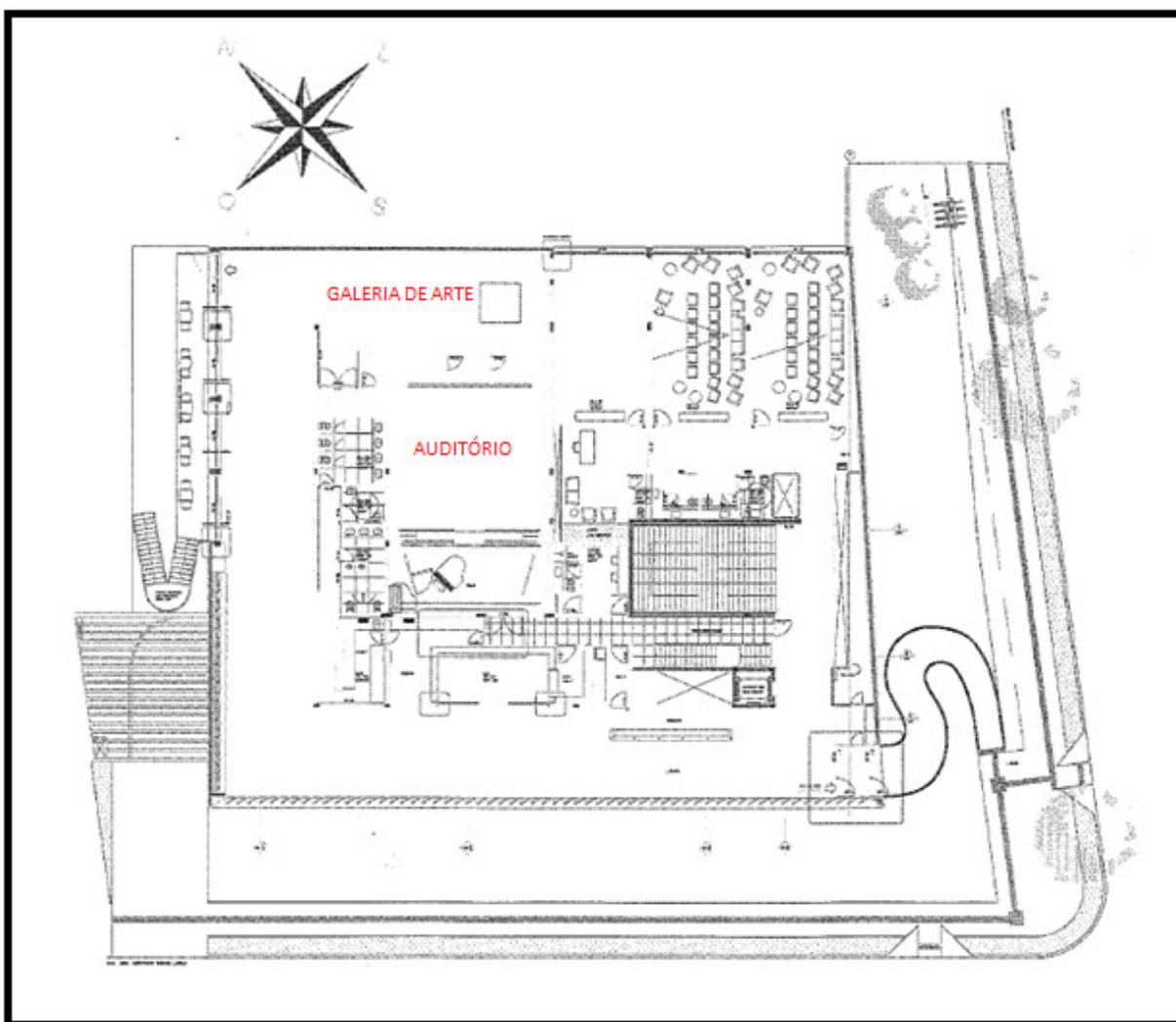
Durante o trabalho, serão caracterizados todos os ambientes que passarão por análise. A importância desta caracterização consiste na identificação do tipo de revestimento que foi colocado em cada ambiente, bem como no levantamento de outros materiais que influenciem no consumo energético através da emissão de calor, tais como equipamentos eletrônicos, lâmpadas, número de pessoas no local, entre outros. Outro fator importante a ser considerado é a orientação solar dos ambientes na edificação: sabe-se que no inverno do Rio Grande do Sul, ambientes que estejam voltados para o Norte sofrem influência dos raios solares durante quase todo o dia; nos meses de dezembro e janeiro, os cômodos com a face Norte sofrem influência dos raios solares das 9:00 horas às 15:00 horas, evitando o sol do final de tarde e proporcionando maior conforto térmico. As figuras 3 e 4 ilustram justamente esse quesito. Como pode-se perceber nas figuras 3 e 4, os cômodos escolhidos para análise (salão de eventos, espaço *gourmet*, auditório e galeria de arte) ficam aos fundos da edificação, possuindo orientação solar semelhante com faces voltadas para nordeste, o que facilita a comparação, visto que caso houvesse orientações solares opostas, a velocidade de aquecimento dos ambientes também seria diferente. Sendo assim, a influência da orientação solar será desprezada.

Figura 3 – Orientação Solar Subsolo 1



(fonte: INSTITUTO LING, 2015)

Figura 4 – Orientação Solar Térreo



(fonte: INSTITUTO LING, 2015)

É importante salientar que a escolha do local se deu em virtude do autor possuir acesso às dependências da edificação por trabalhar na Évora Holding Company. De tal forma, informações como frequência de uso dos aparelhos de ar condicionado são de fácil obtenção, bem como dados técnicos dos aparelhos e contato com os fornecedores.

Para melhor análise da necessidade do uso diário dos equipamentos de condicionamento de ar a fim de manter a temperatura do local sempre em torno da temperatura ideal arbitrada foram detalhados os principais cômodos que apresentassem diferença entre seus revestimentos.

A interferência causada pela abertura de portas durante a ocupação será desprezada, visto que as portas externas são automáticas e as portas internas possuem molas que minimizam o tempo de fechamento das mesmas. Ainda que houvesse perda significativa por conta deste trânsito, os

ambientes que fazem divisa com os ambientes analisados também são climatizados, havendo pequena ou quase nula alteração na temperatura entre eles. Além disso, os ambientes não são abertos para ventilação natural, exceto em casos em que são realizadas manutenções nas esquadrias. Um dos principais motivos para que os mesmos não possuam esta ventilação natural consiste na preservação da limpeza, visto que o projeto é cercado de jardins e mantendo os ambientes fechados evita-se a entrada de folhas.

7.1 ESPAÇO *GOURMET*

O espaço gourmet da edificação analisada conta com uma área de 96,81 m² e possui revestimento de piso em porcelanato Eliane Minimum Cimento em placas quadradas com 0,60 m de lado e com juntas entre componentes de 2 mm, ou seja, é um representante do grupo de revestimentos cerâmicos da edificação. O revestimento da parede é composto por pastilhas de porcelana NGK com dimensões de 5,0 x 10 cm na cor branco lótus e juntas de 2 mm. Já o forro foi desenvolvido em placas de gesso convencional preparadas para pintura epóxi na cor branca. O pé direito do ambiente é de 3,3 m. Na questão de aberturas, o ambiente possui esquadrias piso-teto que totalizam 8,09 m contínuos divididos em três folhas de correr de mesmo tamanho compostas por vidros duplos com vista para os jardins, fator que aumenta o desempenho tanto no quesito térmico quanto acústico. O acesso interno dos usuários é dado por duas esquadrias de madeira com vão de 0,98 m.

O local tem como finalidade possibilitar que minicursos de gastronomia sejam ministrados em um ambiente agradável e que possua todos os aparatos necessários para um bom desenvolvimento das receitas pretendidas. O espaço conta com um projeto luminotécnico que divide o espaço gourmet em dois ambientes, sendo um deles para a preparação dos elementos culinários e o outro para a degustação dos mesmos. No primeiro espaço referido, a iluminação contempla 10 luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes de 20 W cada da marca FLC; já no segundo espaço, podem ser observadas 16 luminárias com lâmpadas diólicas de LED da marca Brillia com 5 W cada.

Além das lâmpadas, existem outros equipamentos que provocam a emissão de calor no ambiente:

- a) 1 refrigerador de alimentos;
- b) 1 aparelho de som;

c) 3 bancadas refrigeradas.

O trabalho não levará em conta o calor produzidos pelos fogões em utilização, visto que essa propriedade possui uma variabilidade muito grande de acordo com a programação gastronômica. Caso fossem feitas e consideradas as medições deste calor produzido, as mesmas mostrariam que a carga térmica seria ainda maior e que mesmo assim o porcelanato teve pequena solicitação frente aos outros pisos considerados.

O sistema de refrigeração do espaço é do tipo *self contained* com dutos de alta pressão, sendo composto por 2 unidades da marca Midea Carrier de 10 hp, ou seja, 14.710 W.

Figura 5 – Espaço *Gourmet*



(fonte: elaborado pelo autor)

7.2 SALÃO DE EVENTOS

O salão de eventos do Instituto Ling possui uma área de 257,15 m² e possui todo revestimento de piso executado em tacos de madeira natural Curimim em régua com largura de 7 cm, comprimento de 50 cm e espessura de 2 cm. O revestimento de parede é dado por pintura acrílica sobre massa corrida na cor branca. Já o forro foi realizado em placas de gesso acústico

Knauf Cleneo Retilíneo Redondo com furos de 12 mm para pintura acrílica na cor branca. O pé direito do ambiente é de 3,3 m. As esquadrias neste ambiente, assim como no espaço gourmet, também são do tipo piso teto em vidro duplo e contornam as duas laterais do local que fazem divisa com os jardins, totalizando 35,78 m contínuos divididos em 10 folhas de correr com tamanhos variados, devido ao projeto arquitetônico. O acesso aos usuários se dá de dois modos: através da entrada principal, com uma abertura de madeira maciça com vão de 3,15 m, e através da entrada de serviço, a qual é feita de metal e possui um vão de 1,67 m.

Não possui equipamentos em seu interior, deixando o espaço completamente livre para a realização de eventos sociais e corporativos, ficando o *layout* do local à escolha do cliente, visto que o espaço está disponível para locação. Quanto ao projeto luminotécnico, o espaço possui 50 luminárias de LED com lâmpadas do tipo PAR 30 com 50 W e 40 luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes de 20 W cada, das marcas Brillia e FLC respectivamente.

Figura 6 – Salão de Eventos



(fonte: elaborado pelo autor)

O sistema de refrigeração do espaço é do tipo *self contained* com dutos de alta pressão, sendo composto por 4 unidades da marca Midea Carrier de 10 hp, ou seja, 29.420 W.

7.3 AUDITÓRIO

O auditório do Centro Cultural possui uma área de 110,69 m², incluindo o palco. Seu revestimento foi todo realizado em carpete com placas quadradas com lado de 0,50 m e espessura de 5,5 mm da marca Desso, linha Essence, sendo este um carpete de alta resistência e uso comercial com fibra do tipo loop pile. O revestimento da parede, que também é o mesmo utilizado para o forro, é constituído por painéis de MDF sobre alvenaria com superfície frisada do modelo Ideacoustic. O pé direito do local é de 3,30 m se medido na última fileira e 4,30 m se considerado na primeira fileira, onde o nível é mais baixo, justamente para possibilitar a visibilidade entre as fileiras. O local não possui esquadrias que façam divisa com o ambiente externo, como é de costume em ambientes deste tipo justamente para que não ocorra interferência luminosa. O acesso é dado pela porta principal em madeira maciça e vão de 2,20 m e também há um acesso secundário pelos fundos do palco, no camarim, através de porta de madeira maciça com vão de 0,90 m.

O local foi criado com o intuito de promover peças culturais e concertos musicais. Também conta com uma tela de projeção em que, de forma periódica, são transmitidos filmes de cunho cultural a fim de gerar discussões sócio-políticas. Possui capacidade para 87 pessoas sentadas. Os equipamentos de som e controle de luzes que podem gerar calor não estão contemplados, visto que ficam separados em uma cabine de operação com isolamento termo-acústico. O projeto luminotécnico apresenta 32 lâmpadas LED da marca Brillia do tipo PAR 20 com potência de 6 W cada na parte dos assentos; além disso, existe um jogo de luzes direcionais para o palco utilizadas apenas em apresentações artísticas.

O sistema de refrigeração do espaço é do tipo *self contained* com dutos de alta pressão, sendo composto por 1 unidade da marca Midea Carrier de 10 hp e 1 unidade da mesma marca de 8 hp, ou seja, 13.239 W.

Figura 7 – Auditório



(fonte: elaborado pelo autor)

7.4 GALERIA DE ARTE

A galeria de arte possui uma área de 70,24 m² e seu revestimento de piso foi realizado em cimento alisado com juntas em barras chatas de alumínio, transmitindo um ar moderno e uniforme que tende a causar a mínima interferência nas obras de arte das exposições. O revestimento da parede foi realizado em pintura acrílica sobre massa corrida na cor branco e o forro constituído por placas de gesso acústico Knauf Cleneo Retilíneo Redondo com furos de 12 mm para pintura acrílica na cor branco. O pé direito do local é de 3,30 m. Dispõe de 30 luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes de 20 W cada da marca FLC. Além disso, há a possibilidade de adaptação de iluminação diferenciada caso os artistas solicitem iluminações indiretas para as peças. O local não possui esquadrias que façam divisa com o ambiente externo e também não possui esquadria de acesso, ou seja, possui livre entrada após o espaço em que está situado o bistrô do Instituto. No entanto, o projeto arquitetônico foi capaz de posicioná-lo de forma a se tornar um ambiente único mesmo sem a presença de aberturas. Para complementação da iluminação, existe uma claraboia quadrada em vidro duplo jateado com 2,20 m de lado.

O espaço comporta até 30 pessoas de forma confortável. De acordo com a instituição, o local raramente recebe mais que uma média de dez pessoas ao mesmo tempo.

O sistema de refrigeração do espaço é do tipo *self contained* com dutos de alta pressão, sendo composto por 1 unidades da marca Midea Carrier de 8 hp, ou seja, 5.884 W.

Figura 8 – Galeria de Arte



(fonte: elaborado pelo autor)

A figura 9 relaciona as principais características e diferenças entre os cômodos.

Figura 9 – Características dos cômodos

Cômodo	Área (m ²)	Pé direito (m)	Potência das máquinas (W)
Espaço <i>Gourmet</i>	96,81	3,3	14710
Salão de Eventos	257,15	3,3	29420
Auditório	110,69	3,3 a 4,3	13239
Galeria de Arte	70,24	3,3	5884

(fonte: elaborado pelo autor)

8 ANÁLISE DA SOLICITAÇÃO DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

Além das características entre os revestimentos internos, as quais são o principal foco deste estudo, existem outras características que influenciam na alteração do conforto térmico. Dentre estas características, pode-se destacar o uso de vidros duplos nos ambientes que possuem divisa com o ambiente externo. A figura 10 ilustra como o vidro usado nas esquadrias afeta o aquecimento dos ambientes. Vale ressaltar que os vidros duplos supracitados nas descrições dos ambientes se enquadram na categoria com espaço entre os mesmos de 6 mm.

Figura 10 – Valores de transmissão de calor para vidros

Coeficiente global de transmissão de calor para alguns tipos de envidraçamento, dado em $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ (quanto menor o coeficiente, maior a capacidade de isolamento térmico)				
Tipos de vidro (Vidros planos)	Sem dispositivos de sombreamento		Com dispositivos de sombreamento	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Simples, incolor	6,2	5,9	4,7	4,6
Duplos incolores, com espaço entre vidros de:				
5 mm*	3,5	3,7	3,0	3,3
6 mm*	3,3	3,5	2,7	3,1
13 mm**	2,8	3,2	2,4	3,0
Tripos incolores, com espaço entre vidros de:				
6 mm*	2,2	2,5	1,8	2,3
13 mm***	1,8	2,2	1,5	2,0

* Espessura dos vidros = 3 mm
 ** Espessura dos vidros = 6 mm
 *** Vidros externos com 6 mm e vidro intermediário com 3 m

(fonte: KRAUSE, 2004)

Além disso, fatores de sombra também são capazes de reduzir a transmissão de calor, conforme a figura 11 exemplifica. No entanto, os mesmos não serão considerados em virtude de os cômodos analisados não possuírem tais recursos. Dessa forma, a comparação a ser feita com os dados mostrados na figura 10 diz respeito à situação sem dispositivo de sombreamento entre vidro simples incolor e vidro duplo incolor com espaço entre vidros de 6mm, ou seja, o

coeficiente global de transmissão de calor passa de 6,2 para 3,3 no inverno e 5,9 para 3,5 no verão, representando uma redução de 53% e 59%, respectivamente.

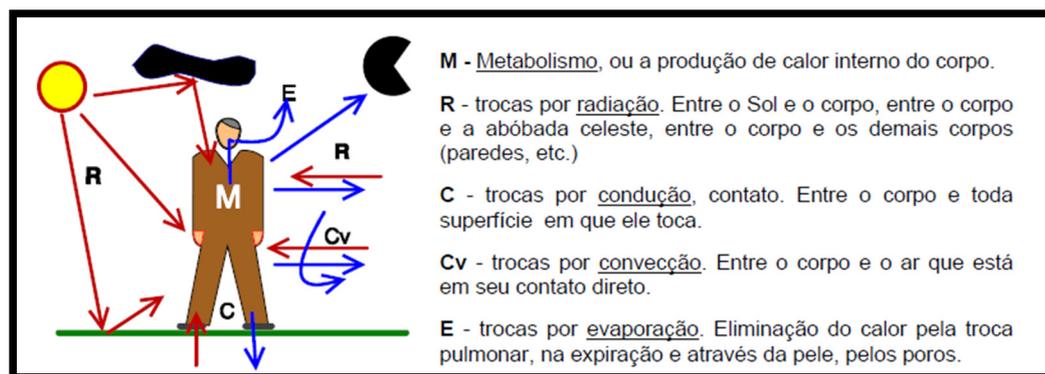
Figura 11 – Fatores de sombra comumente utilizado em projetos

Tipo de objeto arquitetônico servindo como máscara	FS Fator de sombra (ou radiação luminosa obstruída)
Brises verticais (E-O) de cor clara (para lat 30°S)	0.40
Brises verticais (E-O) de cor média (para lat 30°S)	0.50
Brises horizontais (N-S) de cor clara (para lat 30°S)	0.50
Brises horizontais (N-S) de cor média (para lat 30°S)	0.60
Toldo de cor claro	0.60
Toldo de cor escura	0.80
Persiana de enrolar, fechada, deixando de abertura 5%, cor clara	0.80
Persiana de enrolar, fechada, deixando de abertura 5%, cor escura	0.90
Cortina de trama fechada, cor clara	0.70
Cortina de trama fechada, cor	0.85
Cortina de tecido de trama aberta, cor clara	0.30
Cortina de tecido de trama aberta, cor escura	0.50
Persiana de cor clara	0.60
Persiana de cor escura	0.80

(fonte: KRAUSE, 2004)

Ainda como fator que influencia no conforto térmico, está a ocupação dos ambientes, visto que o homem é “um animal homotérmico, ou seja, sua energia vital é conseguida através de fenômenos térmicos em um processo chamado metabolismo (trabalho não publicado)⁸”.

Figura 12 – Trocas higrótérmicas entre o homem e seu entorno



(fonte: KRAUSE, 2004)

⁸ Informação obtida na apostila da disciplina Conforto Ambiental, ministrada pela professora Claudia Barroso Krause, no curso de Arquitetura da Universidade Federal do Rio de Janeiro, semestre 2004/2.

Desta forma, o conforto higrotérmico é obtido através de um equilíbrio entre o corpo e o entorno do mesmo. A figura 12 ilustra a forma como ocorre esta interação.

Sendo assim, nota-se como há influência da quantidade de pessoas que ocupam um ambiente na emissão de calor no mesmo, bem como as atividades por elas desempenhadas. Para Frota e Schiffer (2001, p. 21), “ a quantidade de calor liberado pelo corpo [...] será função do trabalho desenvolvido, podendo chegar a um máximo da ordem de 1200 W [...]”. Ainda para os autores, verifica-se que este calor pode ser perdido do corpo para o ambiente através de duas formas: trocas secas e trocas úmidas. As trocas secas são aquelas dadas pelos fenômenos de condução, convecção e radiação, enquanto as trocas úmidas são aquelas dadas por evaporação. Àquele calor que é perdido para o ambiente através das trocas úmidas, dá-se o nome de calor latente, já ao calor perdido ao ambiente por trocas secas, denomina-se calor sensível. A figura 13 representa o calor cedido ao ambiente de acordo com as atividades desenvolvidas.

Figura 13 – Calor cedido ao ambiente (W) segundo atividade desenvolvida pelo indivíduo

Atividade	Calor Metabólico	Calor Sensível	Calor Latente
durante o sono (basal)	80	40	40
sentado, em repouso	115	63	52
em pé, em repouso	120	63	57
sentado, cosendo à mão	130	65	65
escritório (atividade moderada)	140	65	75
em pé, trabalho leve	145	65	80
datilografando rápido	160	65	95
lavando pratos	175	65	110
confeccionando calçados	190	65	125
andando	220	75	145
trabalho leve, em bancada	255	80	175
garçom	290	95	195
descendo escada	420	140	280
serrando madeira	520	175	345
nadando	580	—	—
subindo escada	1280	—	—
esforço máximo	870 a 1400	—	—

(fonte: MESQUITA, 1977)

Outro fator a considerar é a diferença nas áreas dos ambientes, ou seja, o tamanho diferente dos ambientes afeta a velocidade de aquecimento causada pelo uso dos mesmos. No entanto, o projeto de ar condicionado, que diz respeito à potência e quantidade de máquinas, acaba por absorver essa inconsistência e tornar os locais comparáveis entre si.

Quanto à iluminação, Frota e Schiffer (2004, p. 122) afirmam que “Lâmpadas fluorescentes convertem 25% de sua potência elétrica em luz, sendo 25% dissipado, sob forma de calor radiante, para as superfícies circundantes e 50% dissipado por convecção e condução.”. Já para as lâmpadas de LED, não há liberação de calor significativa, visto que “a luz emitida pelos LEDs é fria devido a não presença de infravermelho no feixe luminoso.”.

Quanto à presença de equipamentos, as autoras salientam que “O calor dissipado por motores para o ambiente é função de sua potência e de suas características.”. Sendo assim, indicam que, no que se refere a estes tipos de equipamentos não industriais, “adota-se como calor cedido ao ambiente cerca de 60% da potência nominal dos aparelhos elétricos, a não ser, é claro, no caso de aparelhos cuja função seja aquecer, como secador de cabelo, aquecedor de ambiente, etc.”.

8.1 METODOLOGIAS DE ANÁLISE

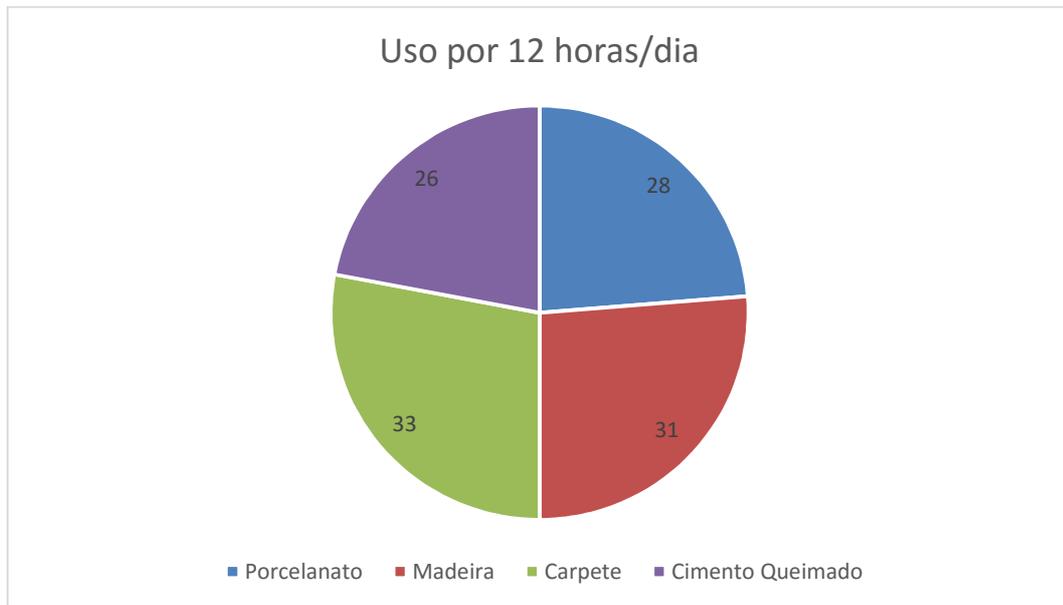
Diante de análise diária da temperatura local e da necessidade de utilização do sistema de climatização, foram gerados dados que servirão de interpretação para o entendimento da relação do uso de revestimentos internos com a eficiência energética. Logo, a metodologia de análise é dada pela seguinte forma: o acionamento do sistema é obtido de forma manual através da interpretação do operador com auxílio do termômetro infravermelho, ou seja, ao verificar que a temperatura do ambiente em questão estava superior à temperatura de conforto arbitrada, isto é, 23°C, o ar condicionado era acionado. De maneira análoga, quando a temperatura externa estava inferior à temperatura de conforto, o mesmo era desligado. Em relação à temperatura de conforto arbitrada, a mesma se deu em função de experiências obtidas, ou seja, antes da construção do Instituto Ling, os colaboradores utilizavam a mesma sede que a Évora Holding Company, empresa situada em prédio comercial no Centro Histórico de Porto Alegre. Devido a isso, já se tinha um histórico da temperatura que agradava a todos, a qual foi replicada para o Instituto após sua inauguração. Antes desta pesquisa, não havia controle horário para o acionamento das máquinas, isto é, todos os equipamentos eram ligados na abertura do Instituto às 10:00 horas e desligados às 22:00 horas, o que causava um consumo maior de energia

elétrica. Na edificação, optou-se pela não utilização de sensores aparentes em virtude de questões arquitetônicas, visando a não poluição visual do ambiente com tais dispositivos, deixando-os escondidos entre o forro e a laje.

Foram feitas análises de hora em hora para garantir que não houvesse perda significativa de informações, sendo que as mesmas iniciavam às 10:00 horas e terminavam às 22:00 horas de segunda a sexta-feira, entre os dias 02/02/2015 e 31/08/2015, ou seja, durante 30 semanas (dias úteis). Após o término do intervalo de tempo de análise, o acompanhamento de hora em hora foi cessado, ficando a critério do setor de manutenção do Instituto Ling o acionamento e o desligamento dos sistemas de refrigeração. Em casos em que ocorra alguma reclamação quanto à temperatura do ambiente por parte dos usuários, a mesma é verificada com o termômetro infravermelho e pode ser alterada para valores inferiores àquela arbitrada para este trabalho.

Os apêndices 1, 2, 3 e 4 mostram os dados gerados através do controle horário desenvolvido conforme metodologia supracitada. No entanto, para um melhor entendimento, em virtude da grande quantidade de dados, os mesmos podem ser interpretados através dos gráficos ilustrados pelas figuras 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 e 21. Os mesmos ilustram a quantidade de dias, durante o período observado, em que cada um dos ambientes manteve os equipamentos de refrigeração ligados durante diferentes intervalos de tempo. Cabe observar que o período analisado corresponde a 150 dias. Neste período, os revestimentos tipo carpete e madeira exigiram o acionamento dos aparelhos de refrigeração em 81 dias e os revestimentos tipo porcelanato e cimento queimado, 79 dias. Os demais 69 e 71 dias, respectivamente, não apresentaram temperatura superior a 23°C em nenhum momento, dispensando o condicionamento de ar. Como resultado inerente, houve economia no consumo de energia elétrica do Instituto Ling.

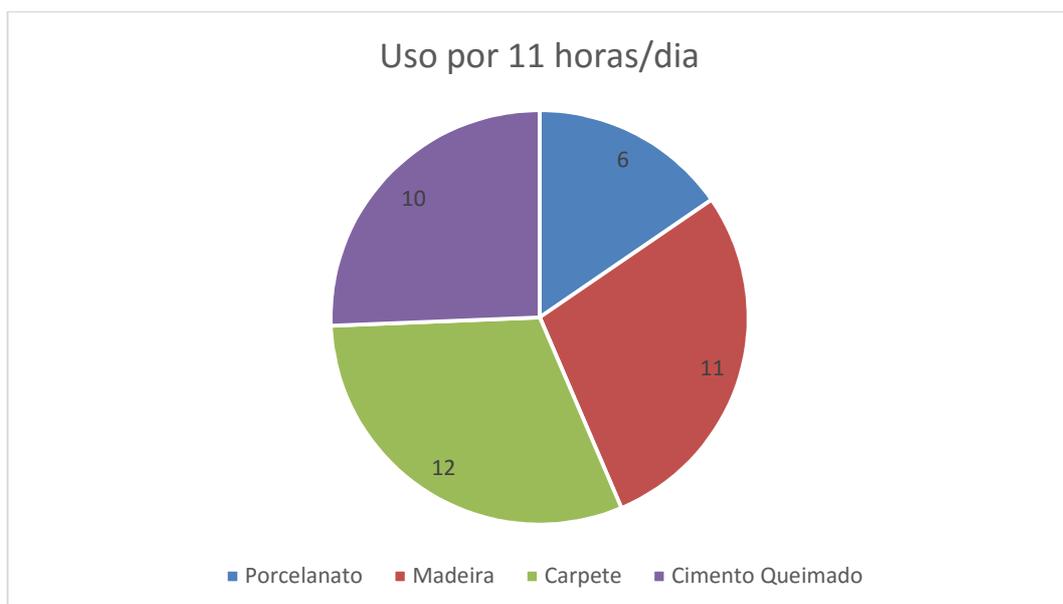
Figura 14 – Dias de acionamento do sistema de refrigeração com uso de 12 horas/dia



(fonte: elaborado pelo autor)

Analisando este gráfico, tem-se que durante o período observado, o ambiente com revestimento interno de carpete manteve o equipamento de refrigeração ligado durante as 12 horas/dia durante 33 dias, seguido do ambiente com revestimento interno de madeira durante 31 dias, o de porcelanato durante 28 dias e o de cimento queimado durante 26 dias. O período de 12 horas corresponde à totalidade do período de observação diário.

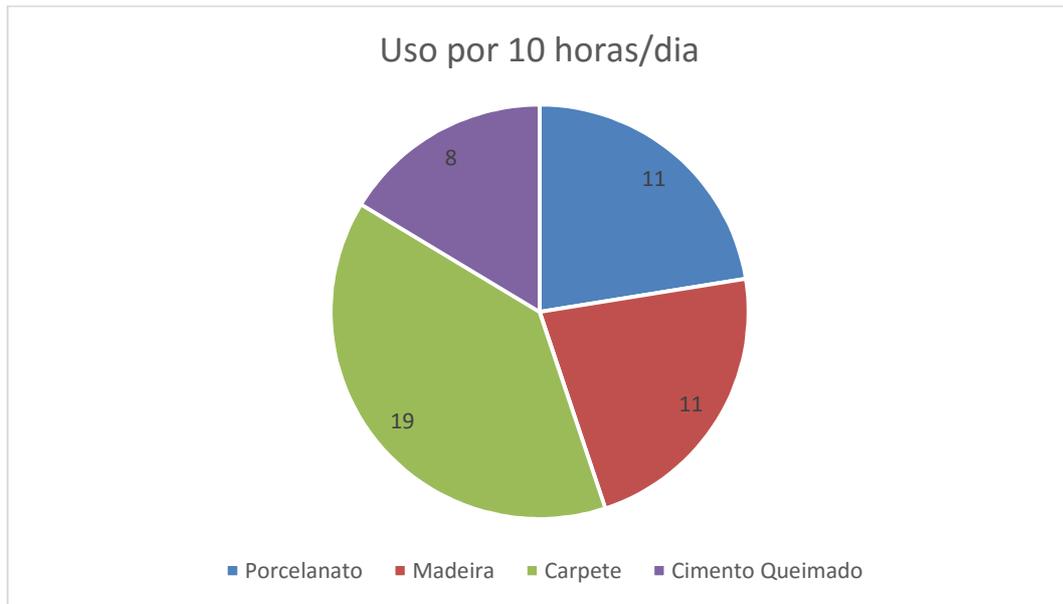
Figura 15 – Dias de acionamento do sistema de refrigeração com uso de 11 horas/dia



(fonte: elaborado pelo autor)

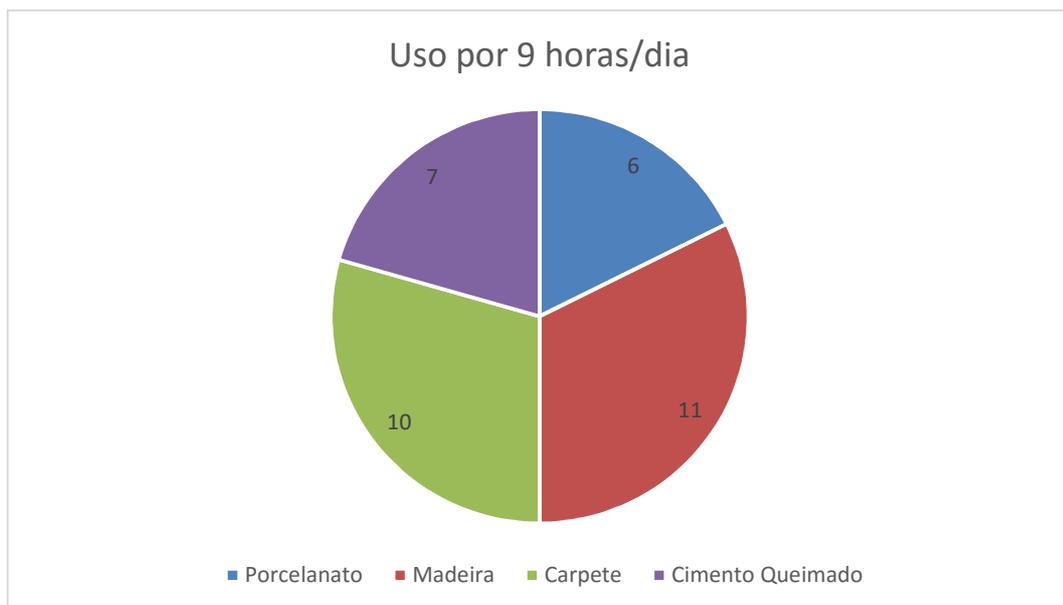
De forma análoga, tem-se que durante o período observado, o ambiente com revestimento interno de carpete teve o equipamento de refrigeração ligado por 11 horas/dia durante 12 dias, seguido do ambiente com revestimento interno de madeira durante 11 dias, o de porcelanato durante 6 dias e o de cimento queimado durante 10 dias.

Figura 16 – Dias de acionamento do sistema de refrigeração com uso de 10 horas/dia



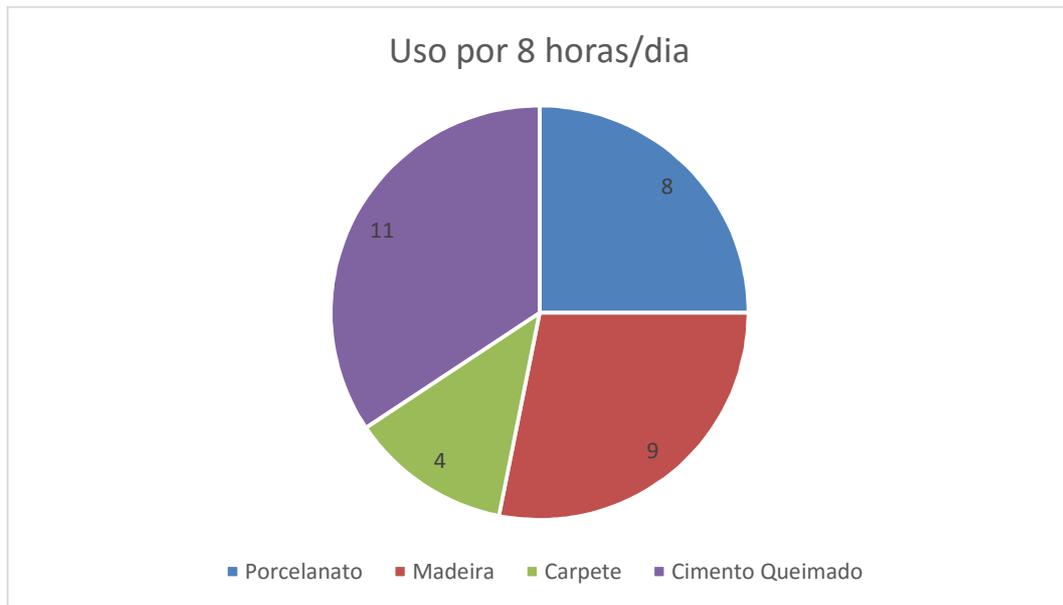
(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 17 – Dias de acionamento do sistema de refrigeração com uso de 9 horas/dia



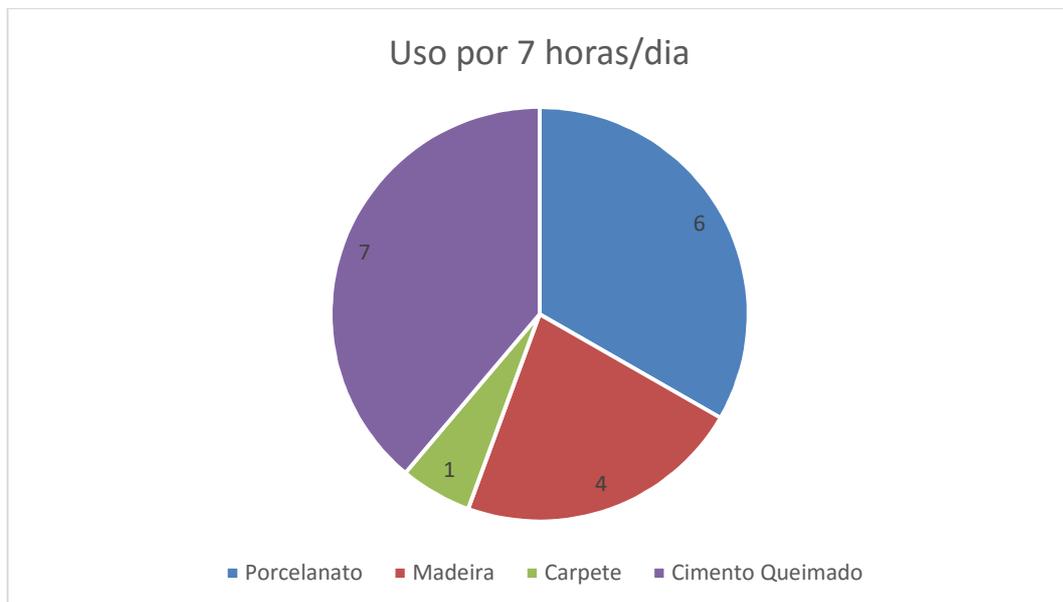
(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 18 – Dias de acionamento do sistema de refrigeração com uso de 8 horas/dia



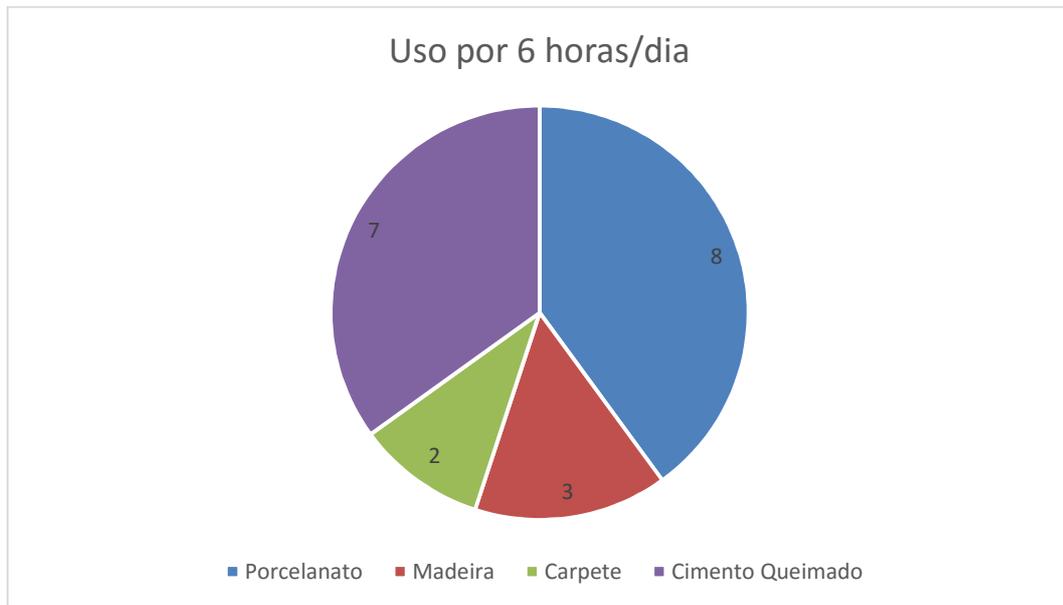
(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 19 – Dias de acionamento do sistema de refrigeração com uso de 7 horas/dia



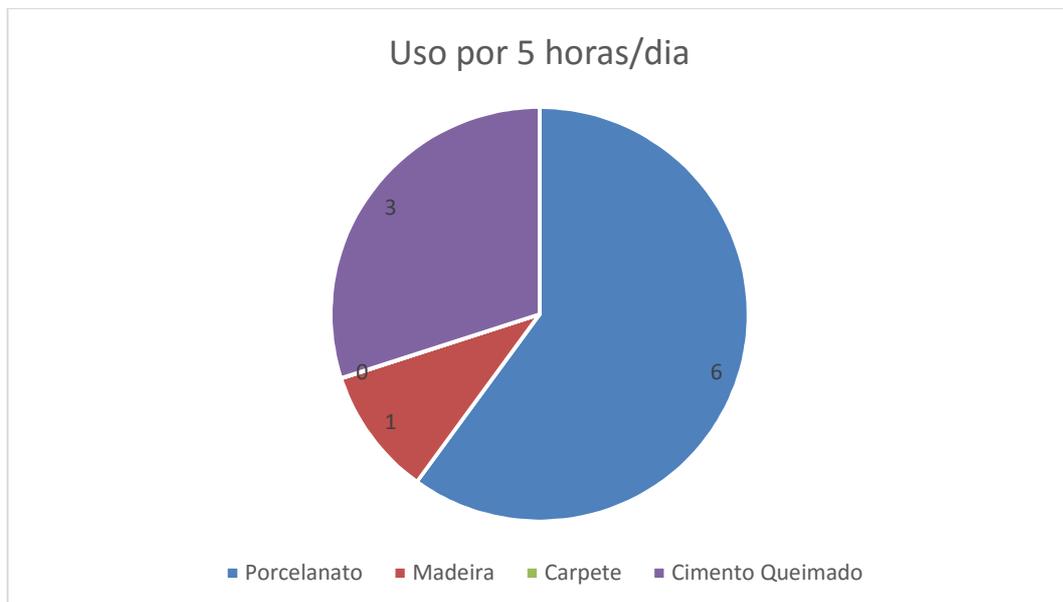
(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 20 – Dias de acionamento do sistema de refrigeração com uso de 6 horas/dia



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 21 – Dias de acionamento do sistema de refrigeração com uso de 5 horas/dia

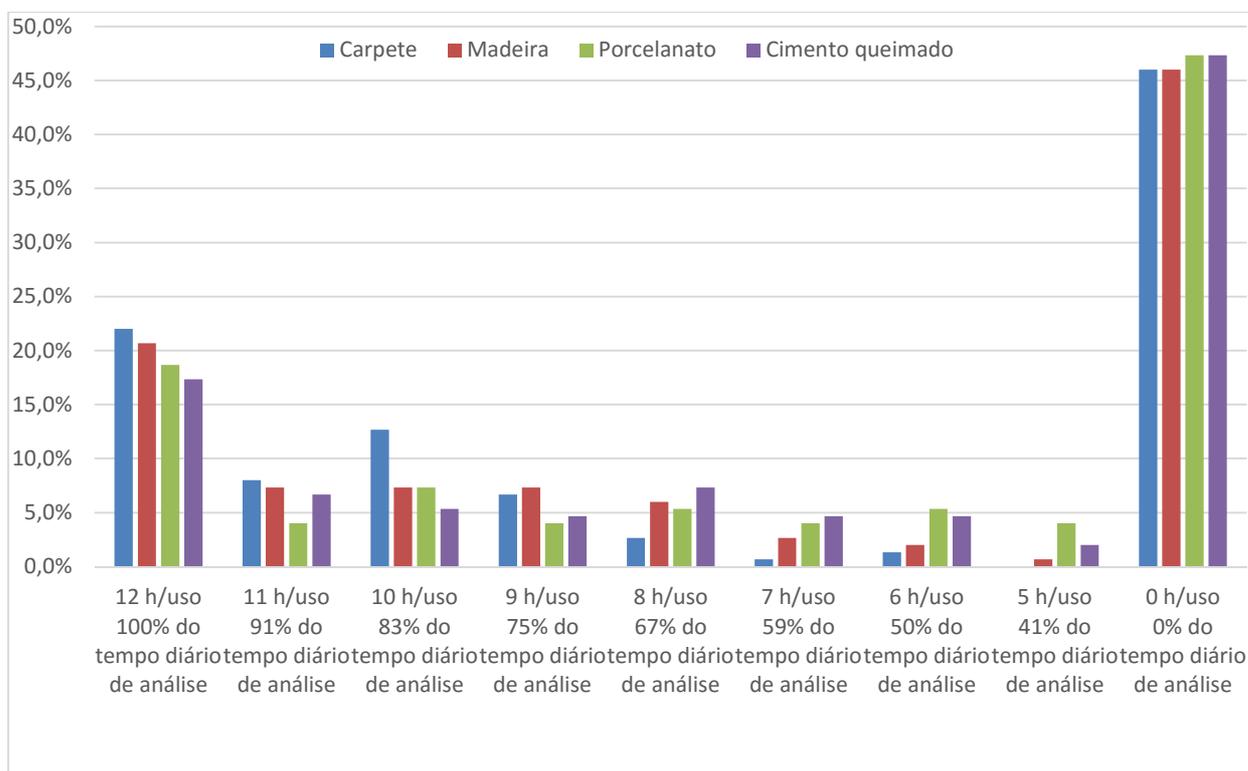


(fonte: elaborado pelo autor)

Nota-se que o oposto ocorre com os períodos de menor tempo de uso dos equipamentos quanto ao tipo de revestimento interno, ou seja, os registros de número de dias com maior tempo de funcionamento diário dos equipamentos são maiores para os revestimentos de carpete e de madeira. Já para o número de dias com menores tempos de funcionamento diário dos equipamentos são para os revestimentos de cimento queimado e porcelanato.

De forma a reunir as informações obtidas pelos gráficos, a figura 22 mostra de forma mais concisa a percentagem de dias de funcionamento dos aparelhos de refrigeração (em diferentes tempos de uso diário) em relação ao período total de observação.

Figura 22 – Uso do sistema de refrigeração



(fonte: elaborado pelo autor)

Considerando-se as horas totais de uso dos equipamentos para cada um dos ambientes durante o tempo de análise do trabalho, tem-se que:

- a) espaço *gourmet* (porcelanato): 750 horas de uso;
- b) salão de eventos (madeira): 825 horas de uso – aumento de 10% em relação ao porcelanato;
- c) auditório (carpete): 859 horas de uso – aumento de 14,5% em relação ao porcelanato;
- d) galeria de arte (cimento queimado): 759 horas de uso – aumento de 1,2% em relação ao porcelanato.

Pode-se, então, perceber dois tipos de comportamento referentes à solicitação dos equipamentos de refrigeração: o porcelanato e o cimento queimado se comportaram de forma quase que semelhante, assim como a madeira e o carpete também apresentaram um comportamento

parecido. O revestimento de carpete foi aquele que registrou maiores temperaturas e exigiu maior consumo de energia elétrica para que o ambiente se mantivesse na temperatura de conforto arbitrada.

Sabe-se, também, que mesmo que um equipamento de refrigeração esteja ligado, ele não trabalha durante todo este período. Conforme foi dito anteriormente, o Instituto Ling não possui sensores de temperatura aparentes a fim de preservar o objetivo arquitetônico contemporâneo do local, no entanto possui sensores escondidos sobre o forro que permitem o funcionamento dos equipamentos de forma eficiente. Sendo assim, de acordo com a regulação feita pela empresa Arself, responsável pela manutenção das máquinas, as mesmas funcionam da seguinte maneira: ao serem acionadas, trabalham de forma a atingir a temperatura arbitrada, ou seja, 23°C. Ao atingirem essa temperatura, as máquinas são desligadas automaticamente até que o ambiente sofra uma elevação de 2°C, quando são religadas, também de forma automática. A figura 23 mostra o quadro de comando dos aparelhos de ar condicionado do Instituto Ling. Através do mesmo, é possível navegar com as setas direcionais e obter informações sobre cada uma das 28 máquinas instaladas, principalmente saber se a máquina está trabalhando além de estar acionada, ou seja, saber quanto tempo a máquina realmente esteve operando durante o intervalo dado entre a hora de acionamento e desligamento da mesma. O quadro de comando abaixo, da marca Midea Carrier, tem capacidade para controle simultâneo de até 40 aparelhos de ar condicionado.

Figura 23 – Quadro de comando dos aparelhos de ar condicionado



(fonte: elaborado pelo autor)

No entanto, apesar de tais dados já fornecerem significativas informações a respeito da eficiência energética dos revestimentos internos analisados, também foi adotada outra metodologia de análise de forma que foram avaliadas três situações em que se havia registros do número de usuários de cada ambiente, bem como o tempo de permanência no local a fim de verificar se há consistência nas análises anteriores, visto que os gráficos foram gerados a partir de dados obtidos com números de usuários não controlados, apenas com controle dos horários de acionamento e desligamento das máquinas conforme metodologia supracitada. Sendo assim, tem-se um controle mais efetivo da relação do revestimento e de sua eficiência energética quando o número de usuários no local e seu tempo de permanência no mesmo estão sob análise.

As três situações analisadas correspondem aos dias 20 de março, 14 de abril e 9 de junho 2015, conforme segue:

Para a data de 20 de março de 2015, sexta-feira, tinha-se as seguintes ocupações:

- e) espaço *gourmet*: 17 pessoas no período entre 20:00h e 22:00h;
- f) salão de eventos: 108 pessoas no período entre 18:00h e 22:00h;
- g) auditório: 56 pessoas no período entre 15:00h e 17:30h;
- h) galeria de arte: 26 pessoas no período entre 19:00 e 22:00.

Vale ressaltar que para a galeria de arte foi feita uma média, visto que algumas pessoas permaneciam no ambiente durante o coquetel, algumas saíam e outras chegavam.

Já para a data de 14 de abril de 2015, terça-feira, observou-se as seguintes ocupações:

- a) espaço *gourmet*: 16 pessoas no período entre 20:00h e 22:00h;
- b) salão de eventos: 87 pessoas no período entre 18:00h e 21:00h;
- c) auditório: 65 pessoas no período entre 15:00h e 17:30h;
- d) galeria de arte: 17 pessoas no período entre 19:00 e 22:00.

E na data de 9 de junho de 2015, terça-feira, os dados colhidos foram:

- a) espaço *gourmet*: 16 pessoas no período entre 20:00h e 22:00h;
- b) salão de eventos: 110 pessoas no período entre 14:00h e 18:00h;
- c) auditório: 28 pessoas no período entre 15:00h e 17:30h;
- d) galeria de arte: 12 pessoas no período entre 19:00 e 21:00.

As datas acima escolhidas foram de acordo com as datas em que havia eventos em todos ambientes analisados com a finalidade de se obter uma melhor comparação. Esta análise consistiu em verificar quanto tempo cada uma das máquinas dos ambientes analisados realmente esteve em operação. As figuras 24, 25 e 26 apresentam os resultados obtidos para cada uma das análises.

Figura 24 – Análise 1

	Espaço <i>Gourmet</i> Porcelanato	Salão de Eventos Madeira	Auditório Carpete	Galeria de Arte Cimento Queimado
Data	20/03/2015	20/03/2015	20/03/2015	20/03/2015
Ocupação (pessoas)	17	108	56	26
Calor emitido pela ocupação (w)*	2465	15660	6440	3770
Área (m ²)	96,81	257,15	110,69	70,24
Densidade ocupacional (pessoas/m ²)	0,18	0,42	0,51	0,37
Calor emitido por equipamentos e lâmpadas (w)**	3090	1200	0	900
Tempo de análise (minutos)	120	240	90	180
Tempo real de funcionamento dos equipamentos (minutos)***	97	208	79	144
Potência dos equipamentos de refrigeração (w)	14710	29420	13239	5884
Preço K/wh (R\$)	0,6685	0,6685	0,6685	0,6685
Gasto durante o tempo analisado	R\$ 15,90	R\$ 68,18	R\$ 11,65	R\$ 9,44

* Considerada taxa de emissão de 145 w para todos os ambientes, exceto o auditório, no qual considerou-se taxa de 115 w, conforme figura 12.

** Emissão de calor de 75% da potência das lâmpadas e 60% para os equipamentos, conforme bibliografia consultada.

*** Dado coletado pelo autor.

(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 25 – Análise 2

	Espaço <i>Gourmet</i> Porcelanato	Salão de Eventos Madeira	Auditório Carpete	Galeria de Arte Cimento Queimado
Data	14/04/2015	14/04/2015	14/04/2015	14/04/2015
Ocupação (pessoas)	16	87	65	17
Calor emitido pela ocupação*	2320	12615	7475	2465
Área (m ²)	96,81	257,15	110,69	70,24
Densidade ocupacional (pessoas/m ²)	0,17	0,34	0,59	0,24
Calor emitido por equipamentos**	3090	1200	0	900
Tempo de análise (minutos)	120	180	90	180
Tempo real de funcionamento dos equipamentos (minutos)	94	154	81	142
Potência dos equipamentos de refrigeração (W)	14710	29420	13239	5884
Preço KWh (R\$)	0,7573	0,7573	0,7573	0,7573
Gasto durante o tempo analisado	R\$ 17,45	R\$ 57,18	R\$ 13,53	R\$ 10,55

* Considerada taxa de emissão de 145 W para todos os ambientes, exceto o auditório, no qual considerou-se taxa de 115 W, conforme figura 12.

** Emissão de calor de 75% da potência das lâmpadas e 60% para os equipamentos, conforme bibliografia consultada.

*** Dado coletado pelo autor.

(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 26 – Análise 3

	Espaço <i>Gourmet</i> Porcelanato	Salão de Eventos Madeira	Auditório Carpete	Galeria de Arte Cimento Queimado
Data	09/06/2015	09/06/2015	09/06/2015	09/06/2015
Ocupação (pessoas)	16	110	28	12
Calor emitido pela ocupação*	2320	15950	3220	1740
Área (m ²)	96,81	257,15	110,69	70,24
Densidade ocupacional (pessoas/m ²)	0,17	0,43	0,25	0,17
Calor emitido por equipamentos**	3090	1200	0	900
Tempo de análise (minutos)	120	120	90	120
Tempo real de funcionamento dos equipamentos (minutos)	96	104	80	95
Potência dos equipamentos de refrigeração (W)	14710	29420	13239	5884
Preço K/wh (R\$)	0,7828	0,7828	0,7828	0,7828
Gasto durante o tempo analisado	R\$ 18,42	R\$ 39,92	R\$ 13,82	R\$ 7,29

* Considerada taxa de emissão de 145 W para todos os ambientes, exceto o auditório, no qual considerou-se taxa de 115 W, conforme figura 12.

** Emissão de calor de 75% da potência das lâmpadas e 60% para os equipamentos, conforme bibliografia consultada.

*** Dado coletado pelo autor.

(fonte: elaborado pelo autor)

As análises feitas, no entanto, apresentam algumas divergências marcantes que alteram os resultados: o preço da tarifa energética, que vem apresentando constantes altas, o tempo de análise, a quantidade de equipamentos por ambiente, entre outros. Estas características resultam

em dados que ficam impossíveis de comparar. Diante disso, estas informações foram compiladas de forma a considerar um tempo padrão de observação fixado em 60 minutos para análise da porcentagem do tempo exigido de real funcionamento dos equipamentos durante este tempo padrão para cada um dos ambientes para a manutenção da temperatura de conforto arbitrada. Os dados foram obtidos através de interpolação e a figura 27 ilustra os resultados encontrados.

Figura 27 – Razão de solicitação do sistema de refrigeração

20/03/2015	Espaço Gourmet Porcelanato	Salão de Eventos Madeira	Auditório Carpete	Galeria de Arte Cimento Queimado
Tempo de análise (minutos)	60	60	60	60
Tempo real de solicitação durante o tempo de análise (minutos)	49	52	53	48
Razão entre tempo de real de solicitação e tempo de análise	80,8%	86,7%	87,8%	80,0%
14/05/2015	Espaço Gourmet Porcelanato	Salão de Eventos Madeira	Auditório Carpete	Galeria de Arte Cimento Queimado
Tempo padrão (minutos)	60	60	60	60
Tempo real de solicitação durante o tempo de análise (minutos)	47	51	54	47
Razão entre tempo de real de solicitação e tempo de análise	78,3%	85,6%	90,0%	78,9%
09/06/2015	Espaço Gourmet Porcelanato	Salão de Eventos Madeira	Auditório Carpete	Galeria de Arte Cimento Queimado
Tempo padrão (minutos)	60	60	60	60
Tempo real de solicitação durante o tempo de análise (minutos)	48	52	53	48
Razão entre tempo de real de solicitação e tempo de análise	80,0%	86,7%	88,9%	79,2%

(fonte: elaborado pelo autor)

Como pode-se perceber, os resultados apresentaram congruência com as análises realizadas na primeira metodologia, apontando o carpete e a madeira como os revestimentos internos que mais solicitam o sistema de refrigeração perante o porcelanato e o cimento queimado.

Diante da figura 26, pode-se tirar as médias das porcentagens de solicitação do sistema de refrigeração de cada um dos ambientes, ou seja:

- a) porcelanato: os equipamentos ficam, em média, trabalhando 79,61% do tempo;
- b) madeira: os equipamentos ficam, em média, trabalhando 86,56% do tempo;
- c) carpete: os equipamentos ficam, em média, trabalhando 88,93% do tempo;
- d) cimento queimado: os equipamentos ficam, em média, trabalhando 79,34% do tempo.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo principal estudar a influência que a escolha de diferentes tipos de revestimentos internos implica sobre a utilização de equipamentos de refrigeração, ou seja, a relação dos mesmos com a eficiência energética da edificação estudada, considerando apenas os pisos e desprezando forros e paredes.

Durante a execução deste trabalho, foi possível entender o conceito do conforto térmico e sua importância para o ser humano, principalmente ao passar dos anos com a chegada de técnicas construtivas e tecnologias que puderam propiciar melhorias significativas nesta área, tornando as construções mais agradáveis a quem as ocupa. Como o trabalho teve foco na relação do uso de equipamentos de refrigeração, também foi possível explicar as diferentes possibilidades de climatizar ambientes através do uso de diversos tipos de equipamentos presentes no mercado.

Outro conceito de grande valia, foi o da própria eficiência energética, que diz respeito à capacidade de uma dada edificação, por exemplo, causar o mesmo conforto térmico com menor gasto energético.

Sendo assim, observaram-se diversas características capazes de afetar a eficiência energética, sejam elas intrínsecas aos materiais construtivos escolhidos para revestimento interno (porcelanato, madeira, carpete ou cimento queimado), referentes ao próprio projeto (orientação solar, fatores de sombreamento, tipo de iluminação, quantidade e tipo de equipamentos) ou referentes a dados ocupacionais (quantidade de pessoas, tipo de atividades, tempo de permanência).

Frente às metodologias utilizadas para análise da solicitação dos equipamentos nos ambientes escolhidos e detalhados, observou-se que o porcelanato e o cimento queimado requisitaram um menor tempo de uso real dos equipamentos durante o tempo analisado em comparação com a madeira e o carpete. Entende-se, também, que os resultados obtidos são única e exclusivamente empíricos, e talvez não sejam aplicáveis para ambientes que possuam grandes distorções em relação ao projeto estudado, tais como diferença na orientação solar, tipo e dimensionamento do sistema de refrigeração utilizado, presença de fatores de sombra, tipo de vidro utilizado, entre outros.

Como sugestão para trabalhos futuros, aconselha-se que seja realizado um estudo mais aprofundado na interferência que as dimensões das esquadrias externas possa ocasionar na velocidade de aquecimento dos ambientes, a fim de se obter resultados mais precisos. Recomenda-se, também, que seja feita uma análise para casos em que o sistema de climatização tenha por objetivo o aquecimento dos ambientes, verificando se há inversão dos resultados.

De qualquer sorte, a realização do trabalho foi de extrema importância para o acompanhamento dos gastos energéticos do Instituto Ling, visando redução nas contas de energia elétrica, bem como a promoção da economia de recursos naturais utilizados na geração da mesma, visto que antes do presente trabalho não havia controle algum e todas as máquinas ficavam em operação durante todo o horário de atendimento do Instituto.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: edificações habitacionais – desempenho. Rio de Janeiro, 2013.
- BARROS, M. M. S. B. de.; FLAIN, E. P.; SABBATINI, F. H. **Tecnologia de produção de revestimentos de piso**. São Paulo: EPUSP, 1993. Texto Técnico PCC n. 05.
- BOTTAMEDI, M. G. **Avaliação da eficiência energética de hotéis de quatro estrelas em Florianópolis**: aplicação do programa de etiquetagem de edificações. 2011. 153 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.
- CALLISTER JR., W. D. **Ciência e Engenharia dos materiais**: uma introdução. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.
- CAMPANTE, E. F.; BAÍA, L. L. M. **Projeto e execução de revestimento cerâmico**. 2. ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2008.
- FIGUEIREDO, E. R. H. de. **Condutividade térmica de rochas**: uma aplicação para granitos ornamentais. 2006. 91 f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) – Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.
- FROTA, A.B; SCHIFFER, S.R. **Manual de conforto térmico**: arquitetura e urbanismo. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.
- FREITAS, G. S. **As modificações na matriz energética brasileira e as implicações para o desenvolvimento sócio-econômico e ambiental**. 2011. 232 f. Tese (Doutorado em Economia) – Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- GAVRONSKI, J. D. **Carvão mineral e as energias renováveis no Brasil**. 2007. 290 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. [S. l.: s. n.], 3. ed., [2013].
- MELHADO, M. do A. **Estudo do conforto térmico, do consumo energético e da qualidade do ar interior em salas cirúrgicas, através da simulação computacional e análise de layout**. 2003. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- MESQUITA, A.L.S. **Engenharia de ventilação**. São Paulo: Edgard Blucher, 1977.
- MORISHITA, C. **Impacto do regulamento para eficiência energética em edificações no consumo de energia elétrica do setor residencial brasileiro**. 2011. 204 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

ROCKENBACH, S. **Arquitetura, automação e sustentabilidade**. 2004. 187 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

VECCHI, R. de. **Condições de conforto térmico e aceitabilidade da velocidade do ar em salas de aula com ventiladores de teto para o clima de Florianópolis/SC**. 2011. 120 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

VIANA, A. N. C.; BORTONI, E. da C.; NOGUEIRA, F. J. H.; HADDAD, J.; NOGUEIRA, L. A. H.; VENTURINI, O. J.; YAMACHITA, R. A. **Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações**. 1. ed. Campinas: Elektro Eletricidade e Serviços S.A., 2012.

VLACK, V. **Propriedades dos materiais cerâmicos**. São Paulo: Edgard Blücher, 1973.

Apêndice 1 – Dados coletados para o Espaço *Gourmet*

Espaço Gourmet - Porcelanato			
Data	Temperatura no momento de acionamento (°C)	Hora de acionamento	Hora de desligamento
02/02/2015	27	10:00	22:00
03/02/2015	26	10:00	22:00
04/02/2015	27	10:00	22:00
05/02/2015	25	10:00	22:00
06/02/2015	25	10:00	20:00
09/02/2015	26	10:00	22:00
10/02/2015	27	10:00	22:00
11/02/2015	24	13:00	22:00
12/02/2015	24	10:00	22:00
13/02/2015	26	10:00	22:00
16/02/2015	24	11:00	22:00
17/02/2015	24	10:00	22:00
18/02/2015	25	10:00	21:00
19/02/2015	27	10:00	21:00
20/02/2015	25	13:00	21:00
23/02/2015	26	10:00	22:00
24/02/2015	24	10:00	20:00
25/02/2015	27	10:00	22:00
26/02/2015	24	10:00	19:00
27/02/2015	24	10:00	22:00
02/03/2015	26	10:00	22:00
03/03/2015	33	10:00	22:00
04/03/2015	30	10:00	22:00
05/03/2015	26	10:00	22:00
06/03/2015	25	10:00	20:00
09/03/2015	27	10:00	22:00
10/03/2015	26	10:00	21:00
11/03/2015	26	10:00	22:00
12/03/2015	25	10:00	20:00

13/03/2015	26	10:00	20:00
16/03/2015	26	10:00	21:00
17/03/2015	25	10:00	22:00
18/03/2015	25	10:00	20:00
19/03/2015	26	10:00	20:00
20/03/2015	26	10:00	22:00
23/03/2015	24	11:00	17:00
24/03/2015	24	10:00	20:00
25/03/2015	26	10:00	22:00
26/03/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
27/03/2015	24	13:00	20:00
30/03/2015	24	12:00	19:00
31/03/2015	26	13:00	19:00
01/04/2015	24	11:00	19:00
02/04/2015	24	10:00	20:00
03/04/2015	25	10:00	21:00
06/04/2015	24	10:00	17:00
07/04/2015	24	13:00	18:00
08/04/2015	24	11:00	19:00
09/04/2015	25	11:00	19:00
10/04/2015	25	11:00	18:00
13/04/2015	26	10:00	20:00
14/04/2015	25	10:00	22:00
15/04/2015	24	14:00	20:00
16/04/2015	24	10:00	19:00
17/04/2015	25	10:00	20:00
20/04/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
21/04/2015	24	11:00	17:00
22/04/2015	24	13:00	18:00
23/04/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
24/04/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
27/04/2015	24	12:00	17:00
28/04/2015	24	13:00	18:00
29/04/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		

30/04/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
01/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
04/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
05/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
06/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
07/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
08/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
11/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
12/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
13/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
14/05/2015	24	12:00	18:00
15/05/2015	24	12:00	18:00
18/05/2015	24	12:00	20:00
19/05/2015	24	11:00	19:00
20/05/2015	25	12:00	18:00
21/05/2015	24	10:00	20:00
22/05/2015	24	10:00	21:00
25/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
26/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
27/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
28/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
29/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
01/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
02/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
03/06/2015	24	13:00	18:00
04/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
05/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
08/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
09/06/2015	24	10:00	22:00
10/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
11/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
12/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
15/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		

16/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
17/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
18/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
19/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
22/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
23/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
24/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
25/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
26/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
29/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
30/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
01/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
02/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
03/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
06/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
07/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
08/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
09/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
10/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
13/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
14/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
15/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
16/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
17/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
20/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
21/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
22/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
23/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
24/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
27/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
28/07/2015	24	12:00	18:00
29/07/2015	24	11:00	18:00
30/07/2015	24	11:00	18:00

31/07/2015	24	11:00	20:00
03/08/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
04/08/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
05/08/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
06/08/2015	26	11:00	20:00
07/08/2015	30	10:00	22:00
10/08/2015	26	10:00	22:00
11/08/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
12/08/2015	24	10:00	22:00
13/08/2015	26	10:00	22:00
14/08/2015	24	11:00	20:00
17/08/2015	25	12:00	20:00
18/08/2015	25	10:00	18:00
19/08/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
20/08/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
21/08/2015	24	13:00	18:00
24/08/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
25/08/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
26/08/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
27/08/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
28/08/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
31/08/2015	25	10:00	22:00

(fonte: elaborado pelo autor)

Apêndice 2 – Dados coletados para o Salão de Eventos

Salão de Eventos - Madeira			
Data	Temperatura no momento de acionamento (°C)	Hora de acionamento	Hora de desligamento
02/02/2015	28	10:00	22:00
03/02/2015	27	10:00	22:00
04/02/2015	28	10:00	22:00
05/02/2015	26	10:00	22:00
06/02/2015	26	10:00	21:00
09/02/2015	28	10:00	22:00
10/02/2015	28	10:00	22:00
11/02/2015	25	11:00	22:00
12/02/2015	25	10:00	22:00
13/02/2015	27	10:00	22:00
16/02/2015	26	10:00	22:00
17/02/2015	26	10:00	22:00
18/02/2015	26	10:00	21:00
19/02/2015	28	10:00	21:00
20/02/2015	26	11:00	22:00
23/02/2015	27	10:00	22:00
24/02/2015	25	10:00	20:00
25/02/2015	28	10:00	22:00
26/02/2015	26	10:00	19:00
27/02/2015	25	10:00	22:00
02/03/2015	27	10:00	22:00
03/03/2015	34	10:00	22:00
04/03/2015	31	10:00	22:00
05/03/2015	27	10:00	22:00
06/03/2015	26	10:00	21:00
09/03/2015	29	10:00	22:00
10/03/2015	27	10:00	21:00
11/03/2015	27	10:00	22:00
12/03/2015	26	10:00	20:00

13/03/2015	28	10:00	21:00
16/03/2015	27	10:00	22:00
17/03/2015	26	10:00	22:00
18/03/2015	26	10:00	21:00
19/03/2015	27	10:00	20:00
20/03/2015	27	10:00	22:00
23/03/2015	25	11:00	19:00
24/03/2015	25	10:00	20:00
25/03/2015	27	10:00	22:00
26/03/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
27/03/2015	25	12:00	21:00
30/03/2015	27	11:00	20:00
31/03/2015	27	10:00	20:00
01/04/2015	25	10:00	19:00
02/04/2015	27	10:00	20:00
03/04/2015	26	10:00	21:00
06/04/2015	26	10:00	18:00
07/04/2015	26	12:00	18:00
08/04/2015	25	11:00	19:00
09/04/2015	26	11:00	20:00
10/04/2015	26	10:00	19:00
13/04/2015	27	10:00	20:00
14/04/2015	26	10:00	22:00
15/04/2015	25	13:00	20:00
16/04/2015	25	10:00	20:00
17/04/2015	26	10:00	20:00
20/04/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
21/04/2015	26	11:00	18:00
22/04/2015	25	13:00	18:00
23/04/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
24/04/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
27/04/2015	25	12:00	18:00
28/04/2015	25	12:00	18:00
29/04/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		

30/04/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
01/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
04/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
05/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
06/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
07/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
08/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
11/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
12/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
13/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
14/05/2015	25	11:00	20:00
15/05/2015	27	12:00	20:00
18/05/2015	26	12:00	20:00
19/05/2015	25	10:00	19:00
20/05/2015	26	12:00	19:00
21/05/2015	27	10:00	20:00
22/05/2015	25	10:00	22:00
25/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
26/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
27/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
28/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
29/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
01/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
02/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
03/06/2015	26	11:00	19:00
04/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
05/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
08/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
09/06/2015	25	10:00	22:00
10/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
11/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
12/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
15/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		

16/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
17/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
18/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
19/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
22/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
23/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
24/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
25/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
26/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
29/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
30/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
01/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
02/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
03/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
06/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
07/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
08/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
09/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
10/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
13/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
14/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
15/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
16/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
17/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
20/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
21/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
22/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
23/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
24/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
27/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
28/07/2015	25	12:00	19:00
29/07/2015	26	11:00	19:00
30/07/2015	26	11:00	19:00

31/07/2015	25	11:00	20:00
03/08/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
04/08/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
05/08/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
06/08/2015	27	10:00	21:00
07/08/2015	31	10:00	22:00
10/08/2015	27	10:00	22:00
11/08/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
12/08/2015	25	10:00	22:00
13/08/2015	27	10:00	22:00
14/08/2015	26	11:00	21:00
17/08/2015	26	11:00	20:00
18/08/2015	27	10:00	19:00
19/08/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
20/08/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
21/08/2015	25	11:00	19:00
24/08/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
25/08/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
26/08/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
27/08/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
28/08/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
31/08/2015	27	10:00	22:00

(fonte: elaborado pelo autor)

Apêndice 3 – Dados coletados para o Auditório

Auditório - Carpete			
Data	Temperatura no momento de acionamento (°C)	Hora de acionamento	Hora de desligamento
02/02/2015	29	10:00	22:00
03/02/2015	28	10:00	22:00
04/02/2015	29	10:00	22:00
05/02/2015	27	10:00	22:00
06/02/2015	27	10:00	21:00
09/02/2015	29	10:00	22:00
10/02/2015	29	10:00	22:00
11/02/2015	26	10:00	22:00
12/02/2015	26	10:00	22:00
13/02/2015	28	10:00	22:00
16/02/2015	27	10:00	22:00
17/02/2015	27	10:00	22:00
18/02/2015	27	10:00	21:00
19/02/2015	29	10:00	21:00
20/02/2015	27	11:00	22:00
23/02/2015	28	10:00	22:00
24/02/2015	26	10:00	20:00
25/02/2015	29	10:00	22:00
26/02/2015	27	10:00	20:00
27/02/2015	26	10:00	22:00
02/03/2015	28	10:00	22:00
03/03/2015	35	10:00	22:00
04/03/2015	32	10:00	22:00
05/03/2015	28	10:00	22:00
06/03/2015	27	10:00	21:00
09/03/2015	30	10:00	22:00
10/03/2015	28	10:00	22:00
11/03/2015	28	10:00	22:00
12/03/2015	27	10:00	20:00

13/03/2015	29	10:00	21:00
16/03/2015	28	10:00	22:00
17/03/2015	27	10:00	22:00
18/03/2015	27	10:00	21:00
19/03/2015	28	10:00	21:00
20/03/2015	28	10:00	22:00
23/03/2015	26	11:00	19:00
24/03/2015	26	10:00	20:00
25/03/2015	28	10:00	22:00
26/03/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
27/03/2015	26	11:00	21:00
30/03/2015	28	10:00	20:00
31/03/2015	28	10:00	21:00
01/04/2015	26	10:00	19:00
02/04/2015	28	10:00	20:00
03/04/2015	27	10:00	21:00
06/04/2015	27	10:00	19:00
07/04/2015	27	10:00	20:00
08/04/2015	26	11:00	19:00
09/04/2015	27	10:00	20:00
10/04/2015	27	10:00	19:00
13/04/2015	28	10:00	20:00
14/04/2015	27	10:00	22:00
15/04/2015	26	11:00	20:00
16/04/2015	26	10:00	20:00
17/04/2015	27	10:00	20:00
20/04/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
21/04/2015	27	11:00	18:00
22/04/2015	26	12:00	18:00
23/04/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
24/04/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
27/04/2015	26	12:00	18:00
28/04/2015	26	11:00	19:00
29/04/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		

30/04/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
01/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
04/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
05/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
06/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
07/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
08/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
11/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
12/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
13/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
14/05/2015	26	11:00	21:00
15/05/2015	28	10:00	20:00
18/05/2015	27	10:00	20:00
19/05/2015	26	10:00	19:00
20/05/2015	27	11:00	20:00
21/05/2015	28	10:00	20:00
22/05/2015	26	10:00	22:00
25/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
26/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
27/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
28/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
29/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
01/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
02/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
03/06/2015	27	10:00	19:00
04/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
05/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
08/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
09/06/2015	26	10:00	22:00
10/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
11/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
12/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
15/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		

16/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
17/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
18/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
19/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
22/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
23/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
24/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
25/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
26/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
29/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
30/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
01/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
02/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
03/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
06/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
07/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
08/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
09/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
10/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
13/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
14/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
15/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
16/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
17/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
20/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
21/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
22/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
23/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
24/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
27/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
28/07/2015	26	11:00	19:00
29/07/2015	27	10:00	19:00
30/07/2015	27	10:00	20:00

31/07/2015	26	11:00	20:00
03/08/2015		Não foi registrada temperatura acima de 24°C	
04/08/2015		Não foi registrada temperatura acima de 24°C	
05/08/2015		Não foi registrada temperatura acima de 24°C	
06/08/2015	28	10:00	21:00
07/08/2015	32	10:00	22:00
10/08/2015	28	10:00	22:00
11/08/2015		Não foi registrada temperatura acima de 24°C	
12/08/2015	26	10:00	22:00
13/08/2015	28	10:00	22:00
14/08/2015	27	11:00	21:00
17/08/2015	27	10:00	21:00
18/08/2015	28	10:00	20:00
19/08/2015		Não foi registrada temperatura acima de 24°C	
20/08/2015		Não foi registrada temperatura acima de 24°C	
21/08/2015	26	11:00	20:00
24/08/2015		Não foi registrada temperatura acima de 24°C	
25/08/2015		Não foi registrada temperatura acima de 24°C	
26/08/2015		Não foi registrada temperatura acima de 24°C	
27/08/2015		Não foi registrada temperatura acima de 24°C	
28/08/2015		Não foi registrada temperatura acima de 24°C	
31/08/2015	28	10:00	22:00

(fonte: elaborado pelo autor)

Apêndice 4 – Dados coletados para a Galeria de Arte

Galeria de Arte - Cimento Queimado			
Data	Temperatura no momento de acionamento (°C)	Hora de acionamento	Hora de desligamento
02/02/2015	26	10:00	22:00
03/02/2015	26	10:00	22:00
04/02/2015	27	10:00	22:00
05/02/2015	25	10:00	22:00
06/02/2015	25	10:00	20:00
09/02/2015	25	10:00	22:00
10/02/2015	27	10:00	22:00
11/02/2015	24	13:00	21:00
12/02/2015	24	10:00	22:00
13/02/2015	26	10:00	22:00
16/02/2015	25	11:00	22:00
17/02/2015	24	10:00	22:00
18/02/2015	25	10:00	21:00
19/02/2015	27	10:00	21:00
20/02/2015	25	13:00	21:00
23/02/2015	26	10:00	22:00
24/02/2015	26	10:00	20:00
25/02/2015	27	10:00	22:00
26/02/2015	24	11:00	19:00
27/02/2015	24	10:00	22:00
02/03/2015	25	10:00	22:00
03/03/2015	32	10:00	22:00
04/03/2015	31	10:00	22:00
05/03/2015	25	10:00	22:00
06/03/2015	25	10:00	20:00
09/03/2015	28	10:00	22:00
10/03/2015	26	10:00	21:00
11/03/2015	26	10:00	22:00
12/03/2015	25	10:00	21:00

13/03/2015	26	10:00	20:00
16/03/2015	25	10:00	21:00
17/03/2015	25	10:00	22:00
18/03/2015	25	10:00	20:00
19/03/2015	25	10:00	20:00
20/03/2015	26	10:00	22:00
23/03/2015	24	11:00	18:00
24/03/2015	25	10:00	21:00
25/03/2015	26	10:00	22:00
26/03/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
27/03/2015	24	13:00	20:00
30/03/2015	24	12:00	19:00
31/03/2015	25	13:00	19:00
01/04/2015	24	11:00	19:00
02/04/2015	24	11:00	20:00
03/04/2015	25	10:00	21:00
06/04/2015	24	10:00	17:00
07/04/2015	25	13:00	18:00
08/04/2015	24	11:00	19:00
09/04/2015	25	10:00	19:00
10/04/2015	25	11:00	18:00
13/04/2015	26	10:00	20:00
14/04/2015	25	10:00	22:00
15/04/2015	25	13:00	20:00
16/04/2015	24	10:00	19:00
17/04/2015	25	10:00	20:00
20/04/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
21/04/2015	24	11:00	17:00
22/04/2015	24	12:00	18:00
23/04/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
24/04/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
27/04/2015	24	11:00	17:00
28/04/2015	24	13:00	18:00
29/04/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		

30/04/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
01/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
04/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
05/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
06/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
07/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
08/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
11/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
12/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
13/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
14/05/2015	24	12:00	18:00
15/05/2015	24	11:00	19:00
18/05/2015	24	12:00	20:00
19/05/2015	25	11:00	19:00
20/05/2015	25	12:00	18:00
21/05/2015	24	10:00	20:00
22/05/2015	25	10:00	21:00
25/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
26/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
27/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
28/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
29/05/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
01/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
02/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
03/06/2015	24	12:00	18:00
04/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
05/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
08/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
09/06/2015	24	11:00	22:00
10/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
11/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
12/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
15/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		

16/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
17/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
18/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
19/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
22/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
23/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
24/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
25/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
26/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
29/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
30/06/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
01/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
02/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
03/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
06/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
07/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
08/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
09/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
10/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
13/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
14/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
15/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
16/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
17/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
20/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
21/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
22/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
23/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
24/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
27/07/2015	Não foi registrada temperatura acima de 24°C		
28/07/2015	24	11:00	18:00
29/07/2015	24	11:00	19:00
30/07/2015	25	11:00	19:00

31/07/2015	25	11:00	20:00
03/08/2015		Não foi registrada temperatura acima de 24°C	
04/08/2015		Não foi registrada temperatura acima de 24°C	
05/08/2015		Não foi registrada temperatura acima de 24°C	
06/08/2015	26	11:00	20:00
07/08/2015	31	10:00	22:00
10/08/2015	27	10:00	22:00
11/08/2015		Não foi registrada temperatura acima de 24°C	
12/08/2015	24	10:00	22:00
13/08/2015	25	11:00	22:00
14/08/2015	24	11:00	20:00
17/08/2015	25	12:00	20:00
18/08/2015	26	10:00	19:00
19/08/2015		Não foi registrada temperatura acima de 24°C	
20/08/2015		Não foi registrada temperatura acima de 24°C	
21/08/2015	24	13:00	18:00
24/08/2015		Não foi registrada temperatura acima de 24°C	
25/08/2015		Não foi registrada temperatura acima de 24°C	
26/08/2015		Não foi registrada temperatura acima de 24°C	
27/08/2015		Não foi registrada temperatura acima de 24°C	
28/08/2015		Não foi registrada temperatura acima de 24°C	
31/08/2015	25	10:00	22:00

(fonte: elaborado pelo autor)