



Elisabeti de Fátima Teixeira Barbosa

**CONFORTO TÉRMICO E CONSUMO DE ENERGIA EM
AMBIENTES DE UM SUPERMERCADO DE MÉDIO
PORTE**

Campinas

2013



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

Elisabeti de Fátima Teixeira Barbosa

CONFORTO TÉRMICO E CONSUMO DE ENERGIA EM AMBIENTES DE UM SUPERMERCADO DE MÉDIO PORTE

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de
Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da
Unicamp, para obtenção do título de Mestra em
Arquitetura, Tecnologia e Cidade, na Área
de Arquitetura, Tecnologia e Cidade

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Lucila Chebel Labaki

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO
DEFENDIDA PELA ALUNA ELISABETI DE FÁTIMA TEIXEIRA BARBOSA
E ORIENTADA PELA PROFA. DRA. LUCILA CHEBEL LABAKI.

ASSINATURA DA ORIENTADORA

Campinas

2013

iii

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Rose Meire da Silva - CRB 8/5974

B234c Barbosa, Elisabeti de Fátima teixeira, 1967-
Conforto térmico e consumo de energia em ambientes de um supermercado de médio porte / Elisabeti de Fátima Teixeira Barbosa. – Campinas, SP : [s.n.], 2013.

Orientador: Lucila Chebel Labaki.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. Conforto térmico. 2. Consumo de energia. 3. Ambientes de trabalho. 4. Supermercado. 5. Produtividade. I. Labaki, Lucila chebel, 1943-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Thermal comfort and energy consumption environments in a midsize supermarket

Palavras-chave em inglês:

Thermal comfort

Energy consumption

Supermarket

Commercial environments

Productivity

Área de concentração: Arquitetura, Tecnologia e Cidade

Titulação: Mestre em Arquitetura, Tecnologia e Cidade

Banca examinadora:

Lucila Chebel Labaki [Orientador]

Virgínia Maria Dantas de Araújo

Alberto Luiz Francato

Data de defesa: 27-08-2013

Programa de Pós-Graduação: Arquitetura, Tecnologia e Cidade

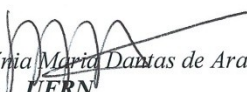
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

CONFORTO TÉRMICO E CONSUMO DE ENERGIA EM AMBIENTES DE UM SUPERMERCADO DE MÉDIO PORTE

Elisabeti de Fátima Teixeira Barbosa

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:


Prof.^a. Dr.^a. Lucila Chebel Labaki
Presidente e Orientador/UNICAMP


Prof.^a. Dr.^a. Virginia Maria Dantas de Araújo
UFRN


Prof. Dr. Alberto Luiz Francato
UNICAMP

Campinas, 27 de Agosto de 2013.

RESUMO

O conforto térmico tem sido amplamente pesquisado nos últimos anos, visando melhorar o bem estar das pessoas nos ambientes edificados, e minimizar o uso de energia elétrica para condicionamento artificial. Há algum tempo os estudos se direcionaram ao desempenho do ambiente construído de modo a obter uma boa relação entre pessoa-ambiente, principalmente quando se trata de ambientes de trabalho. No entanto, ainda é desconhecido o nível de conforto térmico proporcionado aos usuários de algumas edificações, principalmente em se tratando de edifícios de supermercados. Nos últimos anos, além de os empresários se preocuparem em garantir condicionamentos apropriados aos alimentos, em assegurar certo padrão de conforto aos seus clientes e propiciar bom nível de produtividade de seus funcionários, eles ainda tem que se preocupar em minimizar custos de energia. Nesse sentido, o levantamento do índice de conforto térmico e do consumo de energia em ambientes de supermercados se mostra importante para o conhecimento da real situação ambiental desse tipo de edificação. Esta pesquisa visou levantar dados do índice de conforto térmico e do consumo de energia no ambiente construído comercial do ramo alimentício. A metodologia empregada envolveu a seleção do supermercado, sua caracterização, o monitoramento das variáveis ambientais: temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do ar e temperatura de globo, que permitem, juntamente com os dados relativos às variáveis pessoais, calcular o Voto Médio Estimado e a Porcentagem Estimada de Insatisfeitos. Foram levantados também os dados de consumo de energia. A análise dos resultados permitiu identificar a percepção térmica e o nível de satisfação dos usuários tanto de funcionários quanto dos clientes do supermercado. Os resultados indicam que no mês de maio/2011, 86% dos entrevistados preferiam o ambiente sem alteração e se sentiam confortáveis, e enquanto na área dos refrigeradores 55% dos entrevistados preferiam o ambiente sem alteração, e nesta mesma região, 32% preferiam o ambiente um pouco mais quente, ou seja, não estavam satisfeitos com o local, portanto preferiam mudanças. Os resultados indicam também que a temperatura do ar externo tem mais influência no consumo de energia que o número de usuários no supermercado pesquisado.

Palavras-Chave - Conforto Térmico, Consumo de Energia Elétrica em Ambientes de Supermercado, Ambientes Comerciais.

ABSTRACT

Thermal comfort has been widely researched in recent years to improve the welfare of people in the built environment, and minimize the use of electricity for artificial conditioning. For some time the studies were directed to the performance of the built environment in order to get a good relationship between person-environment, especially when it comes to working environments. However, it is still unknown what level of thermal comfort provided to the users of some buildings, especially in the case of buildings supermarket. In recent years, entrepreneurs have to bothering to ensure appropriate conditions to food, and ensure a certain standard of comfort to its customers and provide good level of productivity of their employees, in addition they still have to worry about minimizing energy costs. In this sense, the survey index of thermal comfort and energy consumption in supermarket environments proves important for understanding the real environmental situation of this type of building. This research examines data index of thermal comfort and energy consumption in the built environment of the commercial food industry. The methodology included the selection of the supermarket, characterization, monitoring of environmental variables: air temperature, relative humidity, air velocity and globe temperature, allowing, together with data on personal variables, calculate the Predicted Mean Vote and estimated Percentage of Dissatisfied. Also, data were collected from energy consumption. The analysis identified the thermal perception and level of satisfaction of users of both employees and customers of the supermarket. The results indicate that in the month of May/2011, 86% of respondents preferred the environment without alteration and felt comfortable, and while in the area of refrigerators 55% of respondents preferred the environment unchanged, and in the same region, 32% preferred the environment a little warmer, or were not satisfied with the location, so preferred changes. The results also indicate that the air temperature has more influence on energy consumption than the number of users in the supermarket researched.

Keywords - Thermal Comfort, Energy Consumption in environments Supermarket Commercial

SUMÁRIO

Introdução	01
Objetivos.....	04
CAPÍTULO 2:REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	07
2.1 Conforto Térmico: Conceitos Básicos Aplicações No Ambiente Construído	07
2.2 Edifícios: Métodos e Projetos.....	15
2.3 Certificação de Desempenho de Projetos	22
2.4 Conforto Térmico nos Edifícios	26
2.5 Recomendações de Desempenho de Projetos para Campinas.....	27
2.6 Eficiência Energética.....	35
CAPÍTULO 3: METODOLOGIA	57
3.1 Delimitação do Campo de Pesquisa	57
3.2 Caracterizações do Clima	58
3.3 Caracterização do Ambiente de Pesquisa.....	58
3.4 Pontos de Medição	63
3.5 Equipamentos de Medição	67
3.6 Questionários.....	69
3.7 Coleta de Dados.....	72
3.8 Análise dos Dados de Conforto Térmico	73
3.9 Análise do consumo de Energia Elétrica.....	76
CAPÍTULO 4: RESULTADOS E DISCUSSÕES	77
4.1 Análise das Variáveis Ambientais.....	77
4.2 Análise dos Dados Pessoais.....	81
4.3 PEI- Porcentagem Estimada de Insatisfação e VME - Voto Médio Estimado dos Meses de Maio e Novembro.....	86
4.4 Sensação e Preferência Térmica dos Usuários no Ambiente Analisado	93
4.5 Consumo e Contrato de Energia Elétrica no Supermercado	106
CAPÍTULO 5: CONCLUSÃO	131
REFERÊNCIAS	133
APÊNDICE A - Questionário de Conforto	143

Dedicatória

Dedico este trabalho ao meu marido, Paulo Barbosa, que sempre me apoiou e incentivou.
Aos meus queridos filhos, Laís, Lucas e Rafael a quem também peço desculpas pela falta de
atenção durante os momentos de estudos.

Aos meus pais e irmãos.
“Tudo posso naquele que me fortalece” Filipenses 4:13

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus que me permitiu mais esse aprimoramento e não me deixou cair nos momentos de fraqueza.

À professora Lucila Chebel Labaki, pela orientação nos momentos necessários e por ter acreditado em meu trabalho.

Aos técnicos Obadias Pereira da Silva Junior e Daniel Celente, do Laboratório de Conforto Ambiental e Física Aplicada da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, pelo auxílio na montagem dos equipamentos no estudo de caso.

Ao Tiago Queiroz, ao Senhor Emanuel, Senhor Antônio e funcionários da Frutaria Rio das Pedras, por permitirem e facilitarem o trabalho em campo.

À Companhia Paulista de Força e Luz - CPFL, particularmente à Karin Regina Luchesi, Pedro Kurbhi e Silas Ubiali.

Aos colegas: Brenda Coutinho, Adriana Pelito, Laís Barbosa e Fernando Durso, pela amizade e colaboração na coleta dos dados.

À minha família pelo apoio, meu marido Paulo e aos meus filhos, Laís, Lucas, Rafael e ao futuro genro Tiago Sak.

À Frutaria Rio das Pedras, pela gentil colaboração na concessão do edifício para pesquisa.

A CAPES pela concessão de bolsa.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Zoneamento da Cidade de Campinas – Zona 3	28
Figura 02 - Carta Bioclimática para a Cidade de Campinas – Zona 3.....	29
Figura 03 - Gráfico do Consumo de energia elétrica nos diversos setores.....	36
Figura 04 - Gráfico da Evolução do consumo de energia no Brasil, Fonte: (EPE, 2012).....	37
Figura 05 - Consumo de Energia Elétrica dos Setores Residencial, Industrial e Comercial.....	37
Figura 06 - Gráfico da Evolução do consumo residencial de energia elétrica (GWh) e da taxa média anual de variação do consumo residencial (%), Brasil: 1980 – 2007).....	38
Figura 07 - Gráfico da Evolução do consumo residencial de energia elétrica (GWh) e da taxa média anual de variação do consumo residencial (%), Brasil: 1980 – 2007).....	38
Figura 08 - Ministério de Minas e Energia. Fonte: EPE (2012).....	39
Figura 09 - Gráfico de avaliação do mercado de eficiência energética no Brasil: Pesquisa Setor Comercial AT, PROCEL- Eletrobrás, 2007.....	42
Figura 10 - Gráfico de avaliação do mercado de eficiência energética no Brasil – Pesquisa Prédios Públicos AT- PROCEL- Eletrobrás 2007.....	42
Figura 11 - Gráfico de avaliação do consumo de energia elétrica no setor residencial, - Fonte: PROCEL- Eletrobrás: 2007.....	42
Figura 12 - Selo de Eficiência Energética.....	47
Figura 13 - Perfil de consumo de energia em edifícios de supermercado.....	50
Figura 14 - Gráfico do percentual de empresas que dispões de sistemas de ar condicionado e ou ventilação.....	52
Figura 15 - Imagem aérea do edifício do supermercado. Fonte: Google Earth.....	54
Figura 16 - Imagem aérea da região do supermercado- Fonte: Google Earth.....	55
Figura 17 - Distribuição da área interna do supermercado.....	57
Figura 18 - Perspectiva da abertura zenital com vitral colorido e foto do vitral.....	58
Figura 19 - Perspectiva com a distribuição dos refrigeradores no ambiente de vendas.....	58
Figura 20 - Foto e detalhes da fachada do edifício do supermercado.....	59
Figura 21 - Posicionamento dos Pontos de medição.....	60
Figura 22 - Ponto 1- área externa.....	61
Figura 23 - Ponto 2 - Foto da entrada da área de vendas.....	61

Figura 24- Ponto 3 - Foto geral da entrada.....	62
Figura 25 - Ponto 4 - Foto geral.....	62
Figura 26 - Ponto 5 - Área dos refrigeradores.....	63
Figura 27 – Ponto 6 - Foto da área externa de entrada de mercadorias.....	63
Figura 28 - Equipamentos de Medição.....	64
Figura 29 - Características Pessoais.....	66
Figura 30- Escala da Sensação Térmica e da Preferência Térmica	67
Figura 31 - Tipos de vestimenta.....	67
Figura 32- Interface de entrada de dados do Programa Conforto 2.03.....	69
Figura 33- Interface de entrada de dados para isolamento térmico da roupa.....	70
Figura 34 - Interface de entrada de dados de cadastro de opinião.....	71
Figura 35- Dados da Temperatura Média do Ar do mês de Maio	73
Figura 36- Dados da Temperatura Média do Ar do mês de Novembro.....	74
Figura 37- Velocidade Média do Vento em todos os Pontos.....	75
Figura 38 – Umidade Relativa do Ar no mês de Maio.....	76
Figura 39 - Umidade Relativa do Ar no mês de Novembro.....	77
Figura 40 a – Gráfico da dados das Atividades e 40 b -Gênero dos usuários no mês de maio.....	78
Figura 41 a - Gráfico da dados das Atividades e 41 b -Gênero dos usuários no mês de Novembro.....	79
Figura 42 - Gráfico de dados da Distribuição Média da Frequência dos Isolamentos Térmicos das Roupas.....	80
Figura 43- Gráfico dos dados de Intervalo de Isolamento Térmico das Roupas dos Usuários Femininos.....	80
Figura 44- Gráfico de dados de Intervalo de Isolamento Térmico das Roupas dos Usuários Masculinos.....	81
Figura 45- Distribuição da frequência da taxa de metabolismo nas duas etapas de coleta de dados.....	82
Figura 46- Dados de Porcentagem Estimada de Insatisfeitos e Voto Médio Estimado- Maio	87

Figura 47- Dados de Porcentagem Estimada de Insatisfeitos e Voto Médio Estimado – Novembro.....	87
Figura 48- Gráfico da variação média da escala de sensação e preferência térmica no ponto 1.....	89
Figura 49- Gráfico da variação média da escala de sensação e preferência térmica no ponto 6.....	90
Figura 50a - Gráfico da Temperatura do ar média no mês de Maio.....	91
Figura 50b – Gráfico da Temperatura Média Radiante no mês de Maio.....	91
Figura 51a- Gráfico da Temperatura do ar média no Mês de Novembro.....	92
Figura 51b – Gráfico da Temperatura Média Radiante no Mês de Novembro.....	92
Figura 52 a - Sensação e Preferência Térmica no Mês de Maio.....	93
Figura 52 b - Sensação e Preferência Térmica no Mês de Novembro.....	93
Figura 53 - Gráfico da Temperatura Média do Ar do Mês de Maio e Novembro.....	94
Figura 54- Gráfico da Variação Média da Escala de Sensação e Preferência Térmica no Ponto 2.....	95
Figura 55- Gráfico da Variação Média da Escala de Sensação e Preferência Térmica no Ponto 3.....	97
Figura 56- Gráfico da Variação Média da Escala de Sensação e Preferência Térmica no Ponto 4.....	98
Figura 57- Gráfico da Variação Média da Escala de Sensação e Preferência Térmica no Ponto 5.....	99
Figura 58- Imagem do medidor ELO 2113.....	101
Figura 59 – Medidor Eletrônico de Energia Elétrica.....	102
Figura 60- Posicionamentos dos Equipamentos Refrigeradores de Alimentos no Ambiente de Vendas.....	103
Figura 61 - Imagem do equipamento A.....	104
Figura 62- Imagem do equipamento B.....	105
Figura 63- Imagem do equipamento C.....	106
Figura 64- Imagem do equipamento D.....	106
Figura 65- Imagem do equipamento E.....	107
Figura 66- Imagem do equipamento F.....	108

Figura 67- Imagem do equipamento G.....	108
Figura 68 - Imagem do equipamento H.....	109
Figura 69 - Imagem do equipamento I.....	110
Figura 70 - Imagem do equipamento J.....	110
Figura 71- Imagem do equipamento K.....	111
Figura 72- Imagem do equipamento L.....	112
Figura 73- Imagem do equipamento M.....	112
Figura 74- Imagem do equipamento N.....	113
Figura 75 - Demandas Contratada, Registrada e Faturada no Supermercado da Pesquisa.....	114
Figura 76 - Dados Obtidos de um Dia de Consumo de Energia Elétrica no Supermercado de Médio Porte Estudado.....	115
Figura 77- Controle de demanda de um Dia de Consumo de um Hipermercado.....	115
Figura 78- Temperatura Média Diária para o conjunto de dias estudados.....	116
Figura 79- Consumo Médio de Energia com Relação à Temperatura Externa.....	117
Figura 80- Consumo Médio de Energia nos Períodos Diurno e Noturno.....	117

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Escala Térmica do (VME) de Fanger.....	11
Tabela 02 - Zoneamento bioclimático e estratégias construtivas para as oito zonas brasileiras.....	27
Tabela 03 - Técnicas passivas de resfriamento e aquecimento.....	29
Tabela 04 - Diretrizes para Concepção de Projetos Bioclimáticos para a Cidade de Campinas, SP	32
Tabela 05 - Consumo de Energia no Brasil com Ar Condicionado.....	46
Tabela 06 - Equipamentos de medição das variáveis ambientais.....	65
Tabela 07 - Dados das atividades sugeridas pelo Programa 2.03.....	71
Tabela 08 - Dados da distribuição dos Entrevistados.....	77
Tabela 09 - PEI (%) – Dados da Porcentagem Estimada de Insatisfação do Mês de Maio.....	83
Tabela 10 - VME – Dados do Voto Médio Estimado no Mês de Maio.....	84
Tabela 11 - PEI (%) – Dados da Porcentagem Estimada de Insatisfação no Mês de Novembro.....	85
Tabela 12 - VME – Dados do Voto Médio Estimado no Mês de Novembro.....	86
Tabela 13 - Visualização dos Dados de Medição do Medidor Eletrônico de Energia.....	102
Tabela 14 - Consumo de Energia nos Períodos Noturno e Diurno.....	117
Tabela 15 - Correlação entre Temperatura e Consumo de Energia.....	118
Tabela 16 - Número de Usuários por Horário nos Meses de Maio e Novembro de 2011.....	118
Tabela 17 - Tabela Comparativa de Estimativa de Carga Térmica.....	120

INTRODUÇÃO

O conforto térmico tem sido amplamente pesquisado nos últimos anos visando melhorar o bem estar das pessoas nos ambientes edificados e minimizar o uso de energia elétrica para condicionamento artificial. Há algum tempo os estudos se direcionaram ao desempenho do ambiente construído de modo a obter uma boa relação entre pessoa-ambiente, principalmente em se tratando de ambiente de trabalho.

Quando se tratam de locais de trabalho relacionados aos ambientes comerciais, surge a necessidade de suprir as exigências às quais se destinam tal ambiente e, ao mesmo tempo, satisfazer aos usuários quanto às suas expectativas térmicas, principalmente quando se trata de ambientes com condicionadores de ar. Ao se restringir por tipologia de comércio e considerar os ambientes de supermercados e o clima tropical brasileiro, há certa dificuldade de se estabelecer um padrão de conforto térmico que satisfaça o maior número de pessoas. Tais dificuldades decorrem muitas vezes das variações climáticas em um curto espaço de tempo; como por exemplo, pode-se citar a ocorrência de períodos de frio e calor em apenas um dia. A variação ocorre também em espaços internos dos supermercados, próximos aos equipamentos que necessitam permanecer ligados ininterruptamente para refrigeração dos alimentos.

A complexidade dos ambientes de supermercados vem do fato de que, por um lado, há a preocupação com a segurança dos alimentos e de outro o conforto dos usuários do local. Neste caso, o desconforto ocorre principalmente com os funcionários, que são os usuários permanentes do local. O desconforto no ambiente de trabalho pode tornar-se uma fonte de estresse, influenciando, tanto a execução da tarefa, quanto o relacionamento com clientes. No caso de bom relacionamento com clientes, ele é de fundamental importância em ambiente de supermercado devido ao contato direto com os mesmos. Segundo Iida (1992) o desconforto no ambiente de trabalho pode causar danos consideráveis à saúde do trabalhador. Daí a necessidade de se ter um ambiente de trabalho confortável.

Os ambientes de supermercado geralmente são desconfortáveis devido à presença dos refrigeradores de alimentos; os quais ficam concentrados em locais específicos e acabam resfriando em excesso os ambientes ao redor, causando desconforto aos usuários.

O pesquisador Dinamarquês Fanger (1970) criou um método para avaliar o nível de satisfação de um grupo de pessoas com o ambiente, por meio de suas pesquisas. Esse método é também capaz de avaliar o grau de desconforto das pessoas.

Portanto, propôs uma relação entre duas variáveis, o VME (Voto Médio Estimado) e a PEI (Porcentagem Estimada de Insatisfeitos). O método de Fanger (1970) foi incorporado pela American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) e também foi adotado desde 1980 pela ISO 7730.

Para Fanger (1970), a promoção de conforto térmico aos usuários de um determinado ambiente, pode ser conseguida de várias maneiras. Dentre elas, pode-se citar os meios naturais com aproveitamento de recursos passivos, com utilização do vento, radiação solar, ou também pelos meios mecânicos, por meio de equipamentos de condicionamento de ar, que pode ser tanto para aquecimento como para resfriamento.

Com os altos consumos de energia verificados atualmente, nas últimas décadas foi criado e incentivado o uso de métodos que visam melhorar o desempenho do ambiente construído, tanto em espaços externos quanto internos. A meta é criar edifícios buscando melhorar o desempenho ambiental com meios passivos, de ventilação, iluminação, dentre outros, e reduzir o consumo de energia, principalmente em se tratando de condicionadores de ar. Não se trata de abolir o uso, mas, usar com racionalidade, sem restringir os ocupantes do conforto que as edificações modernas possam lhes proporcionar. Este é o incentivo que começou após a segunda metade do século passado e tende a continuar anos a frente.

Durante anos as edificações foram construídas sem preocupação com economia, tanto no consumo de energia quanto de água. Entretanto, somando-se as inúmeras intervenções do homem no meio ambiente, verifica-se um “descontamento da natureza” de forma reativa, cuja causa tem sido atribuída, segundo diversos autores, ao aquecimento global, que seria responsável pelas grandes mudanças climáticas sofridas nos últimos anos. Isso tem ocasionado várias preocupações e conseqüentemente, trazendo algumas alterações nos conceitos arquitetônicos dos últimos anos. Tais conceitos incentivam a criação de projetos mais eficazes e mais eficientes no consumo dos recursos naturais e ainda, incentivam a integração da edificação ao microclima como forma de preservação da natureza e aproveitamento dos meios passivos para desempenho ambiental.

No entanto, há poucos estudos sobre o nível de conforto térmico proporcionado aos usuários nesse tipo de estabelecimento comercial – os supermercados. Portanto, este trabalho visa à geração de subsídios para tomada de decisão quanto ao uso dos equipamentos de refrigeração de alimentos utilizados como condicionadores de ar. Para alcançar este objetivo procedeu-se à coleta de dados de consumo de energia elétrica, e do índice de conforto térmico dos usuários no ambiente de um supermercado de médio porte, sendo avaliada sua influência no desempenho térmico do ambiente.

No caso do edifício objeto dessa pesquisa, utiliza-se um método não convencional para promoção de conforto térmico no ambiente comercial, ou seja, os refrigeradores de alimentos. Eles são utilizados como meio de condicionamento ambiental, para promover maior nível de conforto térmico aos usuários. Os equipamentos são distribuídos em pontos estratégicos para utilizar o ar frio em todo o ambiente de vendas. Esse sistema acaba resfriando o ambiente e dando a sensação de condicionador de ar ligado. No entanto, os usuários permanentes (funcionários) acabam expostos a temperaturas que muitas vezes não são confortáveis, uma vez que não se pode controlá-las. Os equipamentos necessitam permanecer ininterruptamente ligados, sendo uma das desvantagens do sistema. No entanto, não se sabe se este método está atendendo às exigências quanto ao conforto térmico dos usuários do ambiente. Para identificar as condições térmicas do edifício, foi feito o monitoramento das variáveis ambientais: temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do ar e temperatura de globo, que permitem, juntamente com os dados relativos às variáveis pessoais, calcular o Voto Médio Estimado e a Porcentagem Estimada de Insatisfeitos. Essas medições foram realizadas em diferentes pontos da área interna e externa do edifício. Paralelamente, foram aplicados questionários junto aos usuários do edifício. A análise dos resultados permitiu identificar a percepção térmica e o nível de satisfação dos usuários do supermercado, correlacionando-as com os índices de conforto calculados. Foi também monitorado o consumo de energia do edifício.

O edifício do supermercado fonte do estudo de caso, utiliza para área de vendas 1372m² dos 3.334 m² de área construída. Possui um quadro de funcionários com 129 pessoas trabalhando no local. Com este número de funcionários, segundo dados do PROCEL- Eletrobrás (2005), o estabelecimento pode ser classificado como um supermercado de médio porte. O supermercado fonte de estudos *in loco*, se caracteriza por uma predominância de vendas de produtos

hortifrutigranjeiros e produtos especiais como: comidas japonesas e produtos diferenciados, sendo muitos importados, além de produtos comuns de uso diário.

Este edifício se mostrou interessante de ser pesquisado, pois além de ser destinado à comercialização de produtos alimentícios, atrai ao ambiente interno um grande número de pessoas diariamente e ainda possui espaços de uso comum aos funcionários e clientes.

OBJETIVOS

Objetivo Geral: O objetivo geral deste trabalho é avaliar o conforto térmico de ambientes de um supermercado de médio porte; analisar o ambiente com o auxílio do modelo de Fanger (1970) e buscar relação entre o conforto térmico dos usuários e o consumo de energia elétrica.

Objetivos Específicos:

- Avaliar a influência das variáveis ambientais: temperatura do ar, umidade relativa, temperatura de globo e velocidade do vento, no conforto térmico do ambiente interno do edifício.
- Avaliar o nível de satisfação e a preferência térmica dos usuários no ambiente interno da edificação do supermercado.
- Analisar o consumo de energia no ambiente interno de um edifício de supermercado bem como hábitos dos usuários.
- Analisar a relação entre o consumo de energia elétrica no estabelecimento e o número de usuários.
- Analisar a relação entre a temperatura do ar externo e o consumo de energia elétrica no supermercado.

O trabalho está estruturado em cinco capítulos a seguir, desenvolvidos de forma a apresentar os assuntos e questões da investigação com enfoque multidisciplinar e assim, subsidiar a metodologia e a conclusão.

O capítulo 2 “revisão bibliográfica” apresenta uma revisão do estado da arte incluindo temas como conforto térmico e suas aplicações no ambiente construído. Também inclui temas relacionados ao consumo de energia, selo de eficiência energética, selo Procel Edifica e certificação de desempenho de projetos, além de algumas recomendações nesse sentido para a cidade de Campinas, localizada no Estado de São Paulo. Adicionalmente, trata da eficiência energética nos edifícios residenciais, comerciais e supermercados.

O capítulo 3 “metodologia” detalha a metodologia de pesquisa aplicada ao ambiente interno de um supermercado, para avaliação de conforto térmico e do consumo de energia elétrica. O capítulo 4 “resultados e discussões” apresenta os resultados e discussão dos assuntos tratados no trabalho. Por fim, o capítulo 5 “conclusão” traz as conclusões da pesquisa.

Capítulo 2: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONFORTO TÉRMICO: CONCEITOS BÁSICOS E APLICAÇÕES NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Define-se a palavra *confortável* como sendo tudo aquilo que conforta e que oferece bem estar físico. Como exemplo, pode-se citar as condições do habitat onde se vive, trabalha, passeia, sejam eles, espaços internos às edificações - residenciais, escritórios, dentre outros, ou os espaços externos, como ambientes públicos urbanos, praças, ruas, áreas de lazer, parques.

O conforto térmico é definido, de acordo com a American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers, ASHRAE e Fanger (1970) como “ a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico”. De acordo com a norma ASHRAE 55 (2004) esta definição deixa em aberto o que se entende por condição da mente ou satisfação, mas enfatiza corretamente que o conforto é um processo que envolve muitos insumos cognitivos, influenciados por processos físicos, fisiológicos, psicológicos, e outros.

O homem é um ser homeotérmico que possui sua temperatura corporal constantemente dentro de certos limites, independente da temperatura ambiente. Para manter a temperatura interna dentro desses limites, há a necessidade permanente de equilíbrio térmico entre a temperatura do corpo (homem) e o meio envolvente que influencia na temperatura. Portanto, se o balanço de todas as trocas de calor a que está submetido o corpo humano for nulo e a temperatura da pele e a sudação estiverem dentro de certos limites toleráveis, pode-se dizer que o homem se encontra numa situação de conforto térmico (Ruas, 1999).

Portanto, a sensação térmica do ser humano é principalmente relacionada ao equilíbrio térmico do seu corpo como um todo. Este equilíbrio é influenciado pela atividade física e pelo vestuário, bem como pelos parâmetros ambientais. “*Quando esses fatores forem estimados ou medidos, a sensação térmica para o corpo como um todo pode ser prevista através do cálculo do voto médio estimado*” (PMV)¹ (FANGER,1970).

A preocupação científica do Homem com relação ao conforto térmico vem de longa data. Ruas (1999) cita o pesquisador Walter Bernan que, em 1845, já previa um futuro promissor com

¹ PMV= Predicted Mean Vote ou (VME) Voto Médio Estimado

grandes bases científicas com relação ao conforto ambiental. Atualmente já foram feitas grandes transformações neste sentido; mesmo assim, ainda há grandes perspectivas para avanços futuros. Ao mesmo tempo, isto prova que a preocupação com o conforto continua relevante. Portanto, é notório que as previsões de Bernan estavam corretas.

Em sua pesquisa, Ruas (1999) faz uma revisão histórica a respeito do conforto térmico, e descreve que os primeiros esforços com relação ao estabelecimento de critérios de conforto térmico foram realizados no período entre 1913 e 1923. No entanto, pode-se dizer que a procura pelos ambientes mais confortáveis vem desde a época das cavernas, quando as pessoas procuravam abrigo para sobrevivência.

A partir do século XIX, foram intensificadas as pesquisas sobre conforto em diferentes partes do mundo. No século XX, demonstrou-se que o conforto térmico está relacionado ao equilíbrio térmico do corpo e que os fatores ambientais e pessoais podem influenciar nesse equilíbrio.

Andreasi (2009) afirma que, em 1914, o primeiro cidadão americano utilizou equipamentos de ar condicionado desenvolvido pela Carrier. Segundo o autor, neste mesmo ano foram instalados outros equipamentos climatizadores artificiais em um berçário na Pittsburg Alleheny Geral Hospital. Esses equipamentos eram utilizados também para umidificar os ambientes da unidade, pois, ajudavam a reduzir o índice de mortalidade infantil causada pela desidratação dos pequenos pacientes.

Na década de 60 e início de 70, a sociedade toma consciência de que as fontes de energia então utilizadas seriam esgotáveis e que deveriam ser utilizadas com controle. Contudo, as exigências de conforto térmico continuaram e o consumo de energia continuou crescendo. Com isso, surge o que Andreasi (2009) chamou de discussão sobre “edifícios modernos”, marcando o início da busca pelo melhor relacionamento entre arquitetura e eficiência energética.

Em 1970, o pesquisador dinamarquês Ole Fanger através de pesquisas realizadas em câmaras climatizadas, desenvolveu um método para avaliar o conforto térmico. Nesse método, a sensação térmica é estabelecida pelo conjunto das variáveis pessoais e ambientais. A partir de experimentos em câmara climatizada, ele propôs um modelo que admitiu que para uma determinada atividade física, a sensação térmica confortável seria determinada em função das trocas de calor existentes entre o corpo e o meio, e também da facilidade encontrada pelo

organismo para realizar as trocas necessárias. O autor elaborou equações de conforto térmico considerando as diversas combinações das duas variáveis, pessoais e ambientais.

Para a ASHRAE (2005) o conforto depende de ações comportamentais que são iniciadas inconscientemente ou pela mente consciente e orientado por sensações térmicas, (frio ou calor) e da umidade (sudação) para reduzir o desconforto. Segundo esta norma, algumas das ações comportamentais possíveis para reduzir o desconforto consistem em alterar a roupa, a atividade, mudar de local, abrir uma janela, exigir mudanças, alterar a configuração do termostato ou deixar o espaço.

Os fatores pessoais influenciam fortemente nas condições de conforto térmico do ser humano. Segundo Fanger (1970) eles são definidos pelas seguintes variáveis: a) taxa metabólica do indivíduo (unidade, Met^2); atividade física exercida pela pessoa; b) resistência térmica da vestimenta, e taxa de isolamento térmico (unidade, Clo^3).

Os fatores pessoais agem influenciando nas condições de conforto térmico da seguinte maneira:

a) Taxa metabólica (Met)

A taxa metabólica possui grande influência na sensação térmica, pois através dela se define a intensidade de calor produzida pelo corpo. Ela pode variar dependendo do tipo de atividade física exercida pelo indivíduo, isto é, se está parado, em movimento, ou dormindo. O nível de atividade física irá determinar a quantidade de calor metabólico produzido e consequentemente a perda de calor necessária para o conforto térmico do indivíduo. Depende ainda do sexo e idade.

a) Resistência térmica da vestimenta (Clo)

As *vestimentas* usadas pelas pessoas, se utilizadas de forma adequada à temperatura e ao local, podem colaborar para a sensação de bem-estar com o ambiente.

As vestimentas fazem com que diminuam as trocas de calor por convecção entre e superfície da pele e o ar; reduzem também o processo de evaporação do suor; e interferem nas

² Met = Unidade de taxa metabólica.

³ Clo = Unidade de resistência térmica da vestimenta.

trocas de calor por radiação. Quanto mais pesados forem os tecidos das roupas, menores serão as trocas de calor com o meio, ou seja, será maior a resistência térmica da roupa. A resistência térmica depende do tecido, quantidade de fios, e do tipo de fibra. Tecidos sintéticos aquecem e limitam as trocas térmicas com o meio. Roupas apertadas no corpo também influenciam na temperatura e na sensação térmica, devido à dificuldade de respiração da pele.

Segundo Fanger, os fatores ambientais são as seguintes variáveis:

- c) Temperatura do ar - T_a
- d) Temperatura radiante média - T_r
- e) Velocidade relativa do ar- V_{ar}
- f) Umidade relativa do ar- U_r

Estas variáveis contribuem para o conforto térmico agindo das seguintes maneiras:

b) *Temperatura do ar* (T_a)

Se a temperatura do ar for inferior à da pele, ocorrerá a remoção de calor por convecção, que será maior ou menor em função da temperatura.

Em ambientes pouco ventilados, a temperatura do ar geralmente aumenta do piso para o teto, pois o ar mais aquecido torna-se menos denso e tende a se elevar. Se esta diferença for muito grande, pode causar desconforto, como sensação de calor na cabeça e frio nos pés.

c) *Temperatura radiante média* (T_r)

Ao considerar os efeitos da radiação, foi estabelecido um parâmetro chamado temperatura radiante média, a qual é definida pela temperatura uniforme de um meio constituído por superfícies negras (absorvedores ideais), com o qual a pessoa também admitida como um corpo negro ideal, troca a mesma quantidade de calor por radiação que aquela trocada com meio real. Quando em um ambiente as superfícies circundantes não se encontram à mesma temperatura, pode haver situação de desconforto. Os efeitos da assimetria de radiação causados por uma cobertura muito aquecida afetam mais as pessoas do que a assimetria devido a superfícies verticais muito quentes ou frias.

d) Velocidade relativa do ar (V_{ar})

As exigências de ventilação para o conforto térmico são relacionadas com as necessidades do corpo humano de reduzir tanto a sensação de calor como a de umidade da pele. Dependem fortemente das condições climáticas. Para atingir as condições de conforto térmico nos ambientes internos, a ventilação necessária envolve grandes fluxos de ar não homogêneos. As velocidades mínimas necessárias aumentam à medida que aumenta a temperatura externa. Em alguns casos, quando a temperatura externa não for propícia ao ambiente interno, é aconselhável manter as aberturas fechadas para ventilação. Caso contrário, pode representar ganhos de calor ou frio, dependendo da temperatura externa. A velocidade do ar necessária para o conforto térmico aos ocupantes de um ambiente é determinada pela condição de equilíbrio das trocas de calor entre o homem e o ambiente. Esse parâmetro é calculado em função dos demais parâmetros de conforto como: temperatura e umidade relativa do ar, temperatura radiante média, taxa metabólica e vestimenta. As diversas combinações destes parâmetros darão os diferentes valores que deve assumir a velocidade do ar, de modo a propiciar condições de conforto. Para analisar a contribuição da ventilação na remoção de calor do corpo humano é necessário conhecer a umidade relativa e a temperatura do ar no ambiente. No caso de temperatura inferior à da pele e ar não saturado, o recomendável é que aumente também o processo de ventilação, uma vez que a umidade do corpo é retirada rapidamente. Com isso, o processo de convecção aumenta devido à maior velocidade de trocas de ar que rodeia o corpo. Se a ventilação diminuir, os processos de convecção e evaporação também diminuem.

e) Umidade Relativa do Ar (U_r)

A umidade relativa do ar varia de acordo com a temperatura do ar. Quando aumenta a temperatura, aumenta a capacidade do ar de absorver vapor d'água, ocorrendo o contrário no sentido inverso, ou seja, quando diminui a temperatura, a umidade também reduz. A umidade relativa tem grande influência na remoção do calor devido à evaporação, pois a baixa umidade relativa faz com que o ar relativamente seco absorva a umidade da pele e com isso, remova rapidamente o calor do corpo. Mas a alta umidade faz com que aconteça o efeito inverso, isto é, há dificuldade do organismo em perder calor do corpo por evaporação do suor da pele.

Para avaliar o nível de satisfação com um ambiente, O. Fanger criou uma relação entre as duas variáveis sendo, PMV– Predicted Mean Vote e o PPD⁴ (Porcentagem Estimada de Insatisfeitos).

Para estimar a sensação térmica de um grupo de pessoas de acordo com índices de voto médio estimado PMV (VME) utiliza-se a escala da sensação térmica de sete pontos, conforme tabela 1.

Tabela 01. Escala Térmica do (PMV) de Fanger

-3	-2	-1	0	1	2	3
Muito frio	frio	Levemente frio	Neutro	Levemente quente	Quente	Muito quente

O PMV ou (VME) é um índice que prevê o valor médio dos votos de um grande grupo de pessoas, numa escala de sete pontos da sensação térmica (tabela 1), com base no equilíbrio de calor do corpo humano. O equilíbrio térmico é obtido quando a produção de calor interno do corpo é igual à perda de calor para o ambiente.

No ambiente moderado, o sistema termorregulador humano irá automaticamente tentar modificar a temperatura e o suor da pele para manter o equilíbrio térmico.

O trabalho de Fanger foi adotado como base para o desenvolvimento da norma internacional que especifica condições de conforto térmico para ambientes termicamente moderados, a ISO 7730 (1984) que teve sua última atualização realizada no ano de 2005.

A norma recomenda a adoção de alguns limites para o cálculo de PMV. Esses limites são os seguintes: $-0,5 < \text{PMV} < 0,5$, que corresponde a um PPD de 10%. Ainda na ISO 7730, é apresentada uma série de tabelas que nos auxilia a inferir os valores necessários para os cálculos do PPD, além de gráficos que relacionam temperatura operativa (ou $\text{PMV} = 0$), como função da atividade e vestimenta.

A ASHRAE 55, de 2004, se baseia nas condições determinadas pela ISO 7730, no entanto, considera um percentual máximo de desconforto de 20% ($-0,82 < \text{PMV} < 0,82$). A importância do comportamento e adequação fisiológica e ainda da expectativa térmica humana também é citada na ASHRAE 55 (2004).

⁴ PPD = Predicted Percentage Dissatisfied ou PEI = Porcentagem Estimada de Insatisfeitos

Há inúmeros autores que questionam a aplicação generalizada do método do índice de conforto do PMV e PPD de Fanger (1970), pois consideram que esse índice de conforto não seria adequado aos ambientes naturalmente ventilados, devido ao fato de não considerar medidas que poderiam ser tomadas para melhorar a adaptação aos ambientes. Portanto, de acordo com estas pesquisas, há um determinado grau de adaptação das pessoas ao ambiente que não é considerado pelo método do PMV. Essa abordagem deu origem ao desenvolvimento do chamado “Modelo Adaptativo” De Dear, Brager e Cooper (1997).

Brager e De Dear (1998) fizeram uma extensa revisão da literatura sobre o tema “adaptações térmicas no ambiente construído”. Para os autores, a percepção térmica em configurações com o "mundo real" é influenciada pelas complexidades de história térmica dos edifícios antigos, práticas culturais e técnicas do passado. Para os autores, uma premissa importante do modelo adaptativo é que a pessoa já não é um receptor passivo de um ambiente térmico, mas, em vez disso, é um agente ativo interagindo com os sistemas pessoa-ambiente, através de múltiplos laços de realimentação. Os autores afirmam que a maior descoberta para eles nesse trabalho, foi a distinção entre as respostas de conforto térmico em ambientes com ar condicionado, e no ambiente naturalmente ventilado. Os ocupantes dos edifícios naturalmente ventilados pesquisados por Brager e de Dear (1998) eram mais flexíveis com suas expectativas, e muito mais tolerantes com relação ao conforto térmico. Em contrapartida, os ocupantes de ambientes condicionados artificialmente, eram muito mais rígidos em suas expectativas relacionadas à uniformidade térmica. Para os autores, isto se deve às diferenças contextuais resultante de uma combinação de história térmica dos edifícios do passado. Ainda há, segundo os autores, inúmeros benefícios a serem obtidos a partir de uma melhor compreensão da influência da adaptação ao ambiente construído.

Para Brager e De Dear (1998) aumentar os níveis de conforto térmico e a aceitabilidade entre os ocupantes, ajuda a reduzir o consumo de energia e incentiva a concepção de edifícios mais eficientes. Entretanto, isso poderá ser alcançado, se houver diálogos contínuos e colaboração dos usuários.

Alguns anos depois, os autores Brager e De Dear (2001) afirmam que em termos genéricos, a adaptação pode ser interpretada como a diminuição gradual da resposta do organismo ao estímulo ambiental repetido. Segundo os autores, este processo de adaptação ocorre

em três categorias; a) pelo processo fisiológico - que depende da aclimação b) pelo processo psicológico - pela expectativa c) pelas ações comportamentais- mudanças, roupas, espaço e atividade.

Neste sentido, Humpheys (1994) citado por Charles (2003), afirma que se não houver restrições impostas sobre os processos de adaptação, ao longo do tempo, a temperatura neutra, ou seja, “confortável”, virá a ser semelhante à temperatura do ar. Com isso, o ocupante vai se adaptar ao ambiente térmico até que uma situação confortável exista. No entanto, se essas restrições, tais como o clima, as normas sociais, políticas organizacionais ou se o ato de abrir janelas não ocorrer, esse processo natural não ocorrerá, e pode influenciar nas oportunidades dos ocupantes de se adaptarem ao ambiente natural.

Wei, Buswell, Loveday (2010) através de um levantamento em campo realizado na Universidade de Loughborough, Reino Unido, no verão de 2009, introduziram uma abordagem probabilística ao modelo adaptativo do comportamento humano. Consideraram a preferência térmica dos ocupantes, e as oportunidades adaptativas com efeitos de outros fatores ambientais, tais como: acústico, visual e qualidade do ar interior. Para os autores, as ações de aberturas de janelas e a mudança do isolamento da roupa tem prioridade muito maior do que outros como, abrir as portas e ajustar as cortinas. Isso significa que os ocupantes têm ordens variáveis de preferências adaptativas em aplicações reais, mesmo trabalhando em ambientes semelhantes. Além disso, o ambiente de trabalho e a radiação solar, como pode ser esperado, tende a ter efeitos sobre as preferências adaptativa dos ocupantes, tais como o uso de portas e persianas.

Andreasi (2009) partiu do princípio de que as avaliações de conforto térmico desenvolvidas a partir de câmaras climatizadas com variáveis controladas são diferentes das realizadas em campo e que isso pode gerar discrepância entre as sensações indicadas pelas pessoas, e a indicada pelo modelo de Fanger. Para o autor, as discrepâncias são encontradas em várias regiões do mundo. Sua pesquisa teve como objetivo estabelecer um modelo alternativo para avaliar o conforto térmico em ambientes internos de edificações localizadas em regiões de clima quente do Brasil. Para isso, investigou pessoas desenvolvendo atividades sedentárias, a partir de ambientes ventilados naturalmente e climatizados artificialmente. Segundo o autor, no decorrer da pesquisa, observaram-se contradições a algumas afirmativas existentes no modelo de Fanger, e que os votos manifestados pelos homens e mulheres no ambiente condicionado

artificialmente, não revelaram correlação com o índice de isolamento médio das roupas utilizadas.

Voltani (2009) desenvolveu uma pesquisa com o objetivo de obter informações para a análise e aplicabilidade do modelo de Ole Fanger (PMV/PPD) e da norma ISO 7730 de (2005), como um meio de avaliação de ambientes industriais, com atividade leve e moderada. Para isso, analisou os dados ambientais e pessoais de uma indústria de calçados na cidade de Jaú, interior de São Paulo. Dentre as várias conclusões, o autor afirma que é possível perceber que a faixa de conforto térmico e temperatura de neutralidade obtida por meio dos votos da população pesquisada, é semelhantes às recomendadas pela norma ISO 7730. No entanto, o autor enfatiza que, ao avaliar o conforto térmico por meio do método PMV/PPD, é preciso cautela com a interpretação das atividades, com o tipo de questionário, e com as respostas de sensação térmica.

2.2 EDIFÍCIOS: MÉTODOS E PROJETOS

A ASHRAE – *Associação Americana dos Engenheiros de Refrigeração, Ar Condicionado e Aquecimento* - em sua Norma 55/92, sobre as condições de um Ambiente Térmico para a Ocupação Humana, estabeleceu que para um ambiente ser considerado aceitável, ele tem que atingir o nível de satisfação de pelo menos 80% dos usuários. Um determinado ambiente é considerado confortável quando ele atende à sensação de bem-estar do maior número possível de pessoas.

O ambiente construído passou por profundas transformações ao longo dos anos, deixando de lado a utilização de métodos construtivos considerados mais racionais e econômicos. Após a segunda metade do século XX, a dependência humana pelos equipamentos climatizadores ambientais era tão alta que os meios naturais passivos já haviam sido praticamente abandonados. Recursos naturais como ventos já não eram tão utilizados como provedores de conforto ambiental, principalmente em se tratando de ambientes comerciais.

Em meados do século XX, devido ao alto consumo de energia nas edificações e a falta de parâmetros construtivos e de projetos, os estudos foram direcionados à melhoria do conforto térmico no interior dos ambientes construídos. Surge com isso, a necessidade de projetos mais elaborados para garantir maior qualidade de vida relacionada à saúde, bem-estar dos usuários,

para com isso, melhorar o desempenho de funcionários e a produtividade nas indústrias e ainda garantir bom rendimento energético. O princípio básico deste movimento é maximizar o conforto ambiental e minimizar o uso de energia para aquecimento e resfriamento ambiental. Desde sua criação vêm sendo desenvolvido e atraindo adeptos ao longo dos anos.

Segundo afirmam Milne et al (1979) o processo pelo qual o projeto arquitetônico é desenvolvido em resposta a requerimentos climáticos específicos, foi chamado de “projeto bioclimático” pelos irmãos Olgyay em um momento em que começam a ser demonstrados interesses pelo clima como base de projeto de edifícios. Segundo os autores, um método semelhante ao dos irmãos Olgyay foi proposto por Givoni na década de 60 na primeira edição de “Homem, Clima e Arquitetura”, cuja base é a carta psicrométrica, a qual dá ao envelope do edifício algumas estratégias de controle do ambiente, fornecendo dados das condições climáticas do ambiente para atingir o conforto humano.

As principais características de projeto que influenciam consideravelmente no desempenho energético da edificação, de acordo com Toledo, Lamberts, Pietrobon (1995) são os componentes da fachada, os tipos de materiais utilizados e as áreas envidraçadas.

Alguns materiais são capazes de transformar o ambiente devido ao seu comportamento térmico, causando desconforto, como é o caso dos grandes envidraçamentos em climas extremos.

A industrialização trouxe muitas contribuições à humanidade. No entanto, algumas se destacaram como os materiais construtivos capazes de transformar a arquitetura, e a vida das pessoas. Porém, o uso indiscriminado desses produtos sem adaptação ao clima regional gera um alto consumo energético.

No decorrer dos anos, com as mudanças de estilo da arquitetura, aumentou o uso de ambientes com ar condicionado, o que, segundo Fanger (1970) é resultado do crescimento da industrialização e da mecanização da sociedade, pois com isso, as pessoas acabam passando mais de 95% de sua vida nos ambientes climatizados artificialmente.

Atualmente, os focos das pesquisas são para continuar garantindo as expectativas do padrão de conforto exigido pela sociedade, mas, no entanto, consumindo a menor quantidade de energia possível.

Com a cultura do fechamento dos edifícios surge a necessidade da climatização artificial. Muitas vezes a dependência desses equipamentos de condicionadores de ar poderia ser evitada se houvesse um pouco de flexibilidade a algumas mudanças. Neste caso a adaptação adequada da

edificação à região de implantação do edifício se mostra importante. A composição correta dos materiais utilizados na obra poderia colaborar no desempenho geral do edifício. No momento da elaboração do projeto devem ser potencializados alguns princípios fundamentais do clima e o microclima local da nova edificação, para com isso, facilitar a adaptação tanto dos usuários quanto do novo edifício ao microclima regional e melhorar o desempenho geral desta edificação. O uso de ambientes fechados, exigido para os espaços climatizados artificialmente, acaba gerando desconforto aos usuários e até mesmo causando doenças devida à falta de ventilação adequada para dissipação dos poluentes. Há várias situações de ambientes confortáveis ou desconfortáveis, entretanto, alguns se destacam por serem excessivamente climatizados tanto para quente ou para frio.

Os ambientes climatizados acabam ficando sem renovar o ar interno e conseqüentemente, surge a proliferação de doenças, como as respiratórias e alérgicas devido à composição inadequada do ar interno dos ambientes fechados, ou até mesmo cuidados inadequados com os equipamentos. Segundo os autores Matos (2009) e Carmo e Prado (1999) a Organização Mundial da Saúde (OMS) reconhece e estima que aproximadamente 30% dos edifícios novos ou renovados do mundo inteiro são afetados por problemas relativos à qualidade do ar interior, em condições temporárias ou prolongadas.

No Brasil, a ANVISA (2012) na resolução n. 176 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, conforme resolução 009 atualizada em 16 de janeiro de 2003 estabelece regras para que os sistemas de ar condicionados não se transformem em ameaças permanentes às pessoas que frequentam ambientes climatizados artificialmente. Os ambientes sem condicionamento adequado e sem ventilação acabam afetando o rendimento das pessoas.

Nas últimas décadas, pesquisas foram intensificadas e direcionadas aos ambientes construídos com a finalidade de melhorar o desempenho e criar ambientes mais confortáveis e saudáveis. Neste processo vêm ocorrendo incentivos ao uso racional de energia dentro das edificações, como forma de combater o desperdício de recursos naturais. Neste sentido, os profissionais do ramo da construção vêm aprimorando as técnicas em seus projetos para melhorar a qualidade e o desempenho no ambiente construído.

Neste contexto, Mattos (2009) avaliou o desempenho de ambientes internos de uma sala de aula e de ambientes administrativos da Universidade de Aveiro em Portugal. Pesquisou a qualidade do ar (QAI), taxa de ventilação, conforto térmico e análise energética, utilizando ferramentas técnicas experimentais. A autora constatou que, essencialmente, nos períodos de ocupação, os ambientes poderão ser ajustados com estratégias de ventilação natural. Constatou também que as características do ar exterior e a capacidade de diluição do ar ventilado, são determinantes para a concentração dos poluentes no interior da edificação, e também para a quantidade de energia requerida para manter o conforto térmico desejado. Segundo a autora, uma boa estratégia de ventilação deve considerar uma grande diversidade de poluentes, e as suas características, sua relação com a ocupação para permitir uma qualidade do ar interior (QAI) aceitável, com o mínimo consumo de energia. Já com relação ao conforto térmico, avaliado pela temperatura e umidade relativa, a autora concluiu que estes não cumprem os requisitos legais definidos.

Os autores Degani e Cardoso (2002) afirmam que, felizmente, no início dessa década, *já* existia uma movimentação do setor de projetos em direção à melhoria do desempenho das edificações, relacionadas à sustentabilidade. Para eles são vários os benefícios que o enfoque sustentável pode trazer ao meio ambiente, a partir do momento em que o projetista adota uma postura preventiva na fase do projeto. Para eles, isso é benéfico ao meio ambiente, como exemplo na economia de energia e para a saúde dos usuários. Segundo eles, todos os projetos têm seu papel a desempenhar no sentido promoção da sustentabilidade. Com este enfoque de sustentabilidade estas melhorias na construção civil são incentivadas desde a elaboração do projeto, durante todo o processo construtivo, passando pela fase operacional até o descarte dos resíduos.

No entanto, mesmo considerando todos os conceitos de melhoria e conservação de energia no ambiente construído, no momento da elaboração do projeto arquitetônico, é importantíssimo estar atento e atender às expectativas do cliente, ou seja, significa que todos os desejos do futuro usuário devem ser atendidos, suas necessidades terão que ser supridas e o imóvel terá que ser moldado ao seu estilo de vida. Entretanto, devem-se priorizar sempre os conceitos de conforto ambiental, independente da finalidade da edificação.

Neste sentido Kowaltowski et al (2006, p.36) afirmam que *“O usuário do edifício é o elemento ativo do contexto, e é nele que as atenções devem estar focadas para se estabelecer as necessidades que a forma projetada deverá cumprir. As necessidades funcionais são expressas através dos requisitos de conforto ambiental, nos seus aspectos térmicos, acústicos, visuais e de funcionalidade, uma vez que constitui um dos elementos da arquitetura que mais influencia o bem-estar do homem”*.

“É através da arquitetura que se consegue dar formas concretas aos espaços, sendo que as pessoas que habitam ou participam desses ambientes, conscientemente ou não, respondem a estas formas” (ZALESKI, 2006).

Ambientes inadequados, sem ventilação e ou desconfortáveis, além de baixar a produtividade, podem ser prejudicial à saúde humana. Neste sentido, Carmo e Prado (1999) afirma que a ventilação é uma combinação de processos que resultam não só no fornecimento de ar externo, mas também na retirada do ar viciado de dentro de um edifício.

Há muitos casos em que as pessoas passam grande parte de sua vida em ambientes fechados, principalmente quando se trata de ambientes de trabalho e/ou residencial climatizados. Isso, segundo Agopyan e John (2011) se deve ao fato de que a evolução dos edifícios acabou impondo novos desafios da economia de energia. Essa tendência mundial em conservar energia resultou em edifícios com poucas aberturas para ventilação. Humphreys, Rijal e Nicol (2010) afirmam que é possível a princípio projetar e operar edifícios que proporcionem conforto no modo de funcionamento natural, em locais onde a temperatura média exterior se encontra na faixa de 10 a 30°C.

Mansoureh (2008) que pesquisou o resfriamento passivo através de ações do vento na província de Tehran, contudo, afirma que esta técnica tem sido uma das efetivas estratégias usadas na arquitetura vernacular no Iran. O autor concluiu que é possível obter maiores índices de conforto térmico na área interna dos edifícios com a ajuda de projetos adequados para resfriamento por ventilação passiva.

Evans (2008) pesquisou edifícios na cidade de Buenos Aires e na cidade de Colima, México, analisando as condições de conforto nos edifícios com variações significantes de temperaturas internas. O autor analisou pátios naturalmente ventilados e ambientes de escritórios condicionados artificialmente, com controle manual e automático, em clima tropical. Considerou

que a amplitude e a inércia térmica são importantes características do condicionamento natural passivo onde a inércia térmica, o resfriamento pela ventilação noturna e o aquecimento solar são medidas de condicionamento natural que podem ser implementados no projeto. Em contrapartida, a temperatura controlada com termostato no interior da edificação com ar condicionado é ajustável para evitar as variações da temperatura sensível. Para ele, esta diferença tem consequências importantes no conforto térmico, na demanda de energia e no projeto de construção. Concluiu que o uso do condicionamento artificial com ar condicionado está aumentando devido aos custos acessíveis tanto de energia quanto dos equipamentos. Para ele, quatro fatores aumentam ainda mais a demanda por refrigeração artificial: o ruído do tráfego, a segurança, o custo da construção e controle de umidificação.

Em Givoni (1976) as características específicas do projeto e a estrutura dos materiais afetam a resposta de um edifício na exposição aos elementos climáticos, como por exemplo, a quantidade de radiação solar absorvida que penetra no edifício. As características climáticas e os intervalos aproximados de variação são resumidos entre a relação interna e as características climáticas externas. Em Givoni (1992) o autor afirma que o clima interior de uma edificação pode ser modificado pelas mudanças de estratégias bioclimáticas.

Xavier e Lamberts (1999) comparou o conforto obtido em estudo de campo de ambientes escolares na cidade de Florianópolis-SC, com a proposta por Givoni (1992) para regiões de países em desenvolvimento. Observou que, ao contrário dos estudos de Givoni (1992) os estudantes pesquisados se mostraram mais sensíveis com relação às variações da temperatura do ar. O que mostrou, segundo Xavier e Lamberts (1999), que os limites de temperatura estipulados por Givoni não eram compatíveis com o nível de conforto das pessoas nos ambientes estudados.

Já, Araújo (1998) compara os resultados da avaliação realizada em edificações escolares em ambientes naturais, na cidade de Natal- RN, e confronta-os com os determinados pela ISO 7730. A autora considerou o índice de 47,5% encontrado para (VME) igual à zero consideravelmente alto. Constatou ainda que os resultados da relação entre o PPI e VME foram muito diferentes, o que inviabiliza a utilização desses referidos dados para a região de estudo.

A priorização de alguns princípios de projetos como aberturas adequadas para contemplar as ações climáticas e a composição correta de materiais, dentre outros, possibilitam melhor nível de conforto à edificação e colaboram para melhorar o desempenho, o conforto térmico e a

iluminação, além da economia de energia elétrica. Romero (2004) afirma que o consumo energético depende das condições de conforto que os ocupantes querem atingir. Para ela, se o edifício estiver pouco adaptado ao clima, obviamente será necessário maior consumo de energia para atingir as condições de conforto térmico pretendido.

Com intuito de pesquisar dados dos ambientes de maior permanência das pessoas, e avaliar as impressões dessas pessoas com relação estes ambientes, Schiller et al (1998) avaliaram as condições de conforto térmico dos ocupantes de edifícios de escritórios na cidade de São Francisco, EUA. Para esta pesquisa, foram feitas medições das variáveis ambientais e entrevistas com os usuários de vários edifícios, em regiões com duas zonas climáticas diferentes. Uma delas ficava próxima à costa com altas taxas de umidade relativa e a outra, no interior, longe de altas umidades. Os resultados mostram índices aproximados de aceitabilidade de 78% para período de inverno e 52% no verão.

Kuchen et al (2011) avaliaram o conforto térmico em espaços de trabalho de trinta edifícios de escritórios com diferentes sistemas de climatização na Alemanha. Fizeram medições das variáveis ambientais e aplicaram questionários aos usuários do local com relação à preferência térmica. Os resultados das pesquisas mostram que os usuários de espaços com ventilação natural, experimentam um contato mais frequente com o exterior e são mais tolerantes a intervalos mais amplos de temperatura operativa, enquanto os usuários de espaços com climatização total experimentam mínimas variações de temperatura. Por isso, são mais sensíveis a mudanças de temperaturas. Concluíram que os variados níveis de adaptação dos usuários não podem ser avaliados sob um mesmo critério e constituem um potencial na eficiência energética do funcionamento e no desempenho ambiental de edifícios com diferentes sistemas de ventilação e climatização. Nos edifícios estudados, a temperatura de conforto é 23,3 °C e o percentual mínimo de usuários insatisfeitos foram de 7%, sendo 2,3 K (Kelvin) menor que o modelo de Fanger, o que é, para os autores, significativo no balanço energético dos edifícios localizados em um clima da Europa central.

Os resultados das pesquisas de Brager e de Dear (1998) e de Xavier e Lamberts (1999) mostram similaridade quanto às expectativas térmicas dos usuários dos ambientes ventilados naturalmente e a intolerância dos usuários de ambientes climatizados artificialmente. O que para Humphreys (1994), citado por Charles (2003) é devido ao fato de que os ocupantes dos edifícios

naturalmente ventilados normalmente têm mais espaço para modificar seus ambientes, porque o edifício não é hermeticamente fechado ou mecanicamente controlado. Uma década mais tarde os resultados das pesquisas realizadas por Kuchen et al (2011) na Alemanha, mostraram similaridade com relação ao comportamento dos usuários de ambientes climatizados e ambientes fechados com as pesquisas realizadas por Brager e de Dear (1998) e por Xavier e Lamberts (1999) na década anterior.

No final do século passado, após a Eco 92, houve incentivos a métodos de projetos com emprego de técnicas sustentáveis para melhorar o consumo e o conforto no ambiente construído. O objetivo desses métodos não é eliminar os equipamentos elétricos de climatização artificial e nem proibir o uso: mas, utilizá-los de forma racional e responsável ou seja, em caso de necessidade, recorrer aos meios ativos como complementos de conforto. Caso contrário, recorrer somente quando realmente for necessário, para complementar e garantir bem-estar em caso de desconforto.

2.3- CERTIFICAÇÃO DE DESEMPENHO DE PROJETOS

Em 1992, durante a realização da Agenda 21, pela UNCED (United Nations Conference on Environment and Development) no Rio de Janeiro, foram estabelecidas algumas estratégias para cumprimento de metas ambientais. A partir daí, países da Europa, Estados Unidos e Canadá desenvolveram metodologias para avaliação ambiental de edifícios. Estas metodologias foram baseadas no conceito de análise de ciclo de vida dos materiais, teve como objetivo encorajar a demanda do mercado por níveis superiores de desempenho ambiental. Após alguns anos, países como, EUA, Canadá, México, Reino Unido, Portugal, Espanha, Austrália, entre outros, criaram alguma norma ou leis para regulamentar o uso racional de energia. Alguns destes países ou já revisaram ou ainda estão revisando suas regulamentações para atender ao Protocolo de Quioto, que regula a emissão de gases na atmosfera, como CO₂, responsável pelo efeito estufa (GOULART & LAMBERTS, 2005).

Atualmente, praticamente todo país europeu (além dos EUA, Canadá, Austrália, Japão e Hong Kong e Brasil) possui um sistema de avaliação e classificação de desempenho ambiental de edifícios.

Os sistemas de avaliação podem ser separados informalmente em duas categorias: a) construção sustentável, que incorpora os sistemas desenvolvidos com mecanismos de mercado como BREEAM, HK-BEAM, LEED, CSTB ESCALE e CASBEE. b) categoria composta por métodos orientados para projeto como o BEPAC e o GBC internacional.

2.3.1. LEED - Leadership Energy and Environmental Design

Dentre os sistemas existentes, o Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), se destacou mundialmente com maior potencial de crescimento. Ele foi desenvolvido pelo USGBC - United States Green Building Council, ONG americana financiada pelo NIST (National Institute of Standards and Technology), que estuda o impacto ambiental da construção e operação das edificações. O LEED inicialmente era voltado para edifícios de ocupação comercial dentre os quais eram considerados edifícios de escritórios e hotéis, edifícios institucionais (museus, bibliotecas, igrejas) e edifícios residenciais com mais de 4 pavimentos. No entanto, atualmente o GBC Brasil dispõe de oito modalidades diferentes de certificação ambiental, desde lojas de varejo passando por unidades de saúde, operação de manutenção de edifícios existentes, projetos de interiores e edifícios comerciais, desenvolvimentos de bairros (localidades), projetos de envoltória e parte central do edifício até escolas.

O LEED toma como referência princípios ambiental de uso de energia consolidados em normas e recomendações de organismos com credibilidade reconhecida, como: ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, ASTM – American Society for Testing and Materials, EPA – U.S. Environmental Protection Agency e DOE – U.S. Department of Energy.

Na metodologia do LEED, o desempenho ambiental do edifício é avaliado de forma global, ao longo de todo o seu ciclo de vida, numa tentativa de considerar os preceitos essenciais do que constituiria um *Green Building*. Esta metodologia baseia-se num sistema de pontuação cumulativa para diversos itens de projeto ou operação, em oito capítulos em função do tipo de atividade ou edifício. O Brasil é o país classificado em quarto lugar no ranking mundial na procura pela certificação do sistema LEED (2012)

2.3.2. SELO AQUA

A certificação de construção sustentável AQUA é concedida pela Fundação Vanzolini. Seu referencial técnico é adaptado da certificação francesa Démarche HQE à realidade brasileira.

Este sistema de certificação considera as especificidades do Brasil para elaboração dos critérios de avaliação. O referencial técnico é constituído pelos requisitos para o Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE) e os critérios de desempenho nas categorias da Qualidade ambiental (QAE)

Para obter a certificação, um empreendimento necessita ter 14 categorias avaliadas e pelo menos 3 com desempenho excelente e no mínimo 7 com nível bom. É concedida ao final de cada fase (Programa, Concepção e Realização), após auditorias prévias.

2.3.3 SELO PROCEL EDIFICA

Diante do consumo desordenado de energia elétrica, surgiram as primeiras iniciativas com relação à eficiência energética no Brasil, na década de 80 através do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, PROCEL. É um programa que visa o uso racional de energia elétrica.

Na década de 90, o PROCEL foi transformado em Programa de Governo, em decreto presidencial, tendo assim sua abrangência e responsabilidade ampliadas. Como por exemplo, pode-se citar o selo de eficiência energética da edificação brasileira, o Programa Brasileiro de Etiquetagem, primeiro selo destinado ao uso racional na construção civil brasileira.

O Inmetro, com apoio do PROCEL EDIFICA, lançou os regulamentos referentes ao nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos como parte do PBE. Este programa entrou em vigor em meados do ano de 2009. É de caráter voluntário para edificações novas e existentes, e passará a ter caráter obrigatório para edificações novas após cinco anos de seu lançamento.

Os edifícios submetidos a esta regulamentação devem atender a todas as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT – vigentes e aplicáveis no momento. A etiqueta será concedida nas diferentes fases do edifício, sendo; a) edificações concluídas, após o Habite-se; b) Após reforma de edificação existente para melhoria de eficiência energética. C) Projeto de edificações novas.

O objetivo da regulamentação para a Etiquetagem de Eficiência Energética para Edificações é criar condições para a etiquetagem do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos e ainda aplicáveis a eficiência energética de edifícios com área útil superior a 500m² ou com alta tensão (classificados como grupo tarifário A).

A etiquetagem de eficiência energética para edifícios deve atender aos requisitos relativos ao desempenho: envoltória, sistema de iluminação, sistema de condicionamento de ar e a edificação como um todo.

O selo PROCEL Edifica, tem um método de avaliação ambiental brasileiro e se mostra mais apropriado às edificações situadas no clima tropical. Sua metodologia de avaliação é baseada em cálculos, o que o faz diferente e mais adaptável a qualquer edifício e ao clima local, se comparado aos métodos internacionais, como por exemplo, o sistema LEED que é feito através de check list. Atualmente é o programa mais importante ligado à eficiência energética do país.

Além do PROCEL EDIFICA, há o Selo Azul da Caixa Econômica Federal, que certifica empreendimentos segundo 46 critérios visando reduzir os desperdícios e o impacto ambiental. O Selo Casa Azul é oferecido gratuitamente aos empreendedores e clientes da entidade. Este selo foi desenvolvido especificamente ao mercado residencial brasileiro, podendo ser aplicável aos projetos habitacionais de baixa renda. Dentre as vantagens do Selo Casa Azul com relação aos sistemas importados, segundo informações da Caixa, é que o mesmo foi desenvolvido exclusivamente para o clima brasileiro. (Selo Casa Azul, 2010).

ESTUDOS DE CASOS

2.4. CONFORTO TÉRMICO NOS EDIFÍCIOS

Por ser subjetivo, o padrão de conforto térmico é de difícil ajuste, ou seja, não é fácil estabelecer um padrão único de conforto a todos às pessoas usuárias de um mesmo ambiente.

Pasquoto et al (2006) pesquisou as variáveis ambientais e pessoais de uma escola de Bauru no interior do estado de São Paulo. A autora analisou os questionários aplicados aos professores e alunos com relação ao conforto térmico no espaço interno do ambiente escolar comparando os dados coletados com os resultados do programa (software Analsys 1.5). Contudo, concluiu que em alguns caso houve algumas diferenças mas também encontrou semelhanças entre os dados coletados dos questionários de conforto com relação ao programa utilizado. Dentre essas diferenças a autora destaca principalmente o nível de taxa metabólica das pessoas no momento do levantamento dos dados. Para a autora, pode ser devido à diferença de idade, pois as crianças, mesmo em condições de conforto ou frio, relatam maior desconforto ao calor. Segundo a autora isso foi devido ao fato de que as crianças estavam em constante movimento com a taxa metabólica sempre mais elevada que a dos professores. Além disso, a autora constatou que as crianças possuem uma tolerância natural ao frio.

Fonseca et al (2010) apresentam os resultados da avaliação do projeto de um edifício que foi projetado a partir de premissas bioclimáticas para o clima da cidade do Rio de Janeiro. O edifício é o Centro de Informações do Centro de Referência para as Energias Solar e Eólico Sérgio de Salvo Brito (CRESESB), que será construído na Ilha do Fundão.

Neste projeto foram priorizados os princípios de arquitetura bioclimática com aproveitamento racional dos recursos naturais passivos para obtenção de conforto ambiental e os aspectos regionais do clima tropical quente e úmido da região. A metodologia de avaliação da eficiência energética segundo Fonseca et al (2010) foi baseada no RTQ-C (BRASIL, 2009c) que indica resultados positivos na etiquetagem em edifícios bioclimáticos.

Para Fonseca et al (2010) os estudos de conforto ambiental e eficiência energética do projeto do edifício (CRESESB) comprovaram a eficiência de um bom projeto de arquitetura, que, mesmo com restrições orçamentárias, alcançou um excelente resultado, considerando as características climáticas locais, constituindo um exemplo de arquitetura bioclimática. Segundo

Fonseca et al (2010) as decisões de arquitetura em fases iniciais de projeto, como implantação, ventilação, instalação de elementos de sombreamento nas fachadas, poucas aberturas na fachada oeste, grandes envidraçados com controle do ganho térmico, cores claras nas fachadas e coberturas, materiais de construção que proporcionem baixa transmitância térmica, somadas ao bom projeto de abertura com ventilação cruzada são algumas das recomendações sugeridas por Givoni (1992) para o clima quente e úmido como é o caso do Rio de Janeiro e que isso, garante a eficiência energética de um projeto de arquitetura.

Com objetivo de avaliar os efeitos dos revestimentos interiores permeáveis, e a economia de energia para condições de conforto térmico interior à edificação, Orosa e Oliveira (2009) analisaram ambientes interiores de edificios comerciais na Espanha.

Segundo autores os estudos mostrou que tanto no verão quanto no inverno, o consumo de energia interior da edificação diminui com a permeabilidade das coberturas. Para os autores, existe um potencial de economia de energia de aproximadamente 3 kWh/m² por ano. Para eles, os resultados claramente condizem com outros exemplos típicos, como casas ecológicas, e devem ser considerados na implementação de sistemas de climatização. Segundo os autores, isso pode levar à substituição de sistemas mecânicos HVAC por métodos passivos para este tipo de construções, e ainda sob estas condições climáticas como no caso da Espanha e Portugal.

2.5 RECOMENDAÇÕES DE DESEMPENHO DE PROJETOS PARA CAMPINAS

Visando melhorar o desempenho das edificações, o território brasileiro foi dividido em oito zonas bioclimáticas, sendo que cada zona possui sua recomendação específica de condicionamento passivo. Algumas sugestões de meios naturais passivos indicados para melhorar o desempenho ambiental da edificação, encontram-se descritas a seguir:

2.5.1 ABNT e NBR 15220-3: 2005

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 15220-3:2005 (ABNT), a avaliação ambiental de desempenho térmico da edificação poderá ser realizada tanto na fase do projeto, com uso de simulador computacional, da verificação dos cumprimentos das diretrizes construtivas ou através de estudos in-loco das variáveis representativas do desempenho.

Baseada e adaptadas a partir da Carta Bioclimática sugerida por Givoni (1992) a NBR 15220 propôs uma divisão do território brasileiro em oito zonas bioclimáticas relativamente homogêneas quanto ao clima. Para cada uma destas zonas, formularam-se recomendações de caráter técnico-construtivas para melhorar e otimizar o desempenho térmico através de estratégias passivas de acordo com o clima.

Parâmetros como tamanho de aberturas para ventilação, proteção das aberturas, vedação interna, tipos de paredes e ainda o tipo de coberturas mais apropriadas para cada zona bioclimáticas estão inseridos nas sugestões. Além disso, ainda sugerem estratégias de condicionamento passivo como: aquecimento solar, ventilação cruzada, resfriamento evaporativo, dentre outras.

As estratégias proposta pela NBR 15220 -3-2005 (ABNT) para cada uma das oito zonas brasileiras estão na tabela 2.

Tabela 02- Zoneamento bioclimático e estratégias construtivas para as oito zonas brasileiras.

Fonte: adaptada da ABNT NBR 15220-3.2005

Zona	ESTRATÉGIAS RECOMENDADAS					Cidade correspondente
	Aberturas	Sombreamento	Vedação externa	Inverno	Verão	
01	Médias	Permitir sol no período frio	Parede leve, cobertura leve isolada.	B) Aquecimento solar C) Vedações pesadas (inércia) - Passivo insuficiente no período de frio.		Curitiba
02	Médias	Permitir sol durante o inverno	Parede leve, cobertura leve isolada.	B) Aquecimento solar, C) Vedação interna pesada (inércia) - Passivo insuficiente no inverno.	J) Ventilação cruzada	Santa Maria
03	Médias	Permitir sol durante o inverno	Parede leve e refletora, cobertura leve isolada.	B) Aquecimento solar, C) Vedação interna pesada (inércia)	J) Ventilação cruzada	São Paulo Campinas Florianópolis, Belo Horizonte
04	Médias	Sombrear as aberturas	Parede pesada, cobertura leve isolada.	B) Aquecimento solar, C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)	H) Resfriamento evaporativo e massa térmica p/ resfriamento. J) Ventilação seletiva	Brasília, Limeira, São Carlos, Ribeirão Preto
05	Médias	Sombrear as aberturas	Parede leve refletora, cobertura leve isolada.	C) Vedação interna pesada (inércia térmica)	J) Ventilação cruzada	Santos
06	Médias	Sombrear as aberturas	Parede pesada, cobertura leve isolada.	C) Vedação interna pesada (inércia térmica)	H) Resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento. J) Ventilação seletiva.	Campo Grande
07	Pequenas	Sombrear as aberturas	Parede pesada, cobertura pesada.		H) Resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento. J) ventilação seletiva	Cuiabá
08	Grandes	Sombrear as aberturas	Parede leve refletora, cobertura leve refletora.		J) Ventilação cruzada permanente. - Passivo insuficiente nas horas mais quentes.	Salvador, Rio de Janeiro, Fortaleza, Belém

A norma ABNT NBR 15220-3:2005 oferece recomendações construtivas quanto ao desempenho térmico de habitações unifamiliares e ainda estabelece um zoneamento bioclimático brasileiro com as devidas diretrizes construtivas para habitações interesse sociais. Apesar de fazer recomendações para um tipo determinado de construções, elas podem ser consideradas e aplicadas a todos os tipos de construções com o mesmo propósito, ou seja, habitacional.

A parte 3 da NBR 15220 fornece também informações a respeito de estratégias de condicionamento térmico passivo, com base em parâmetros ambientais e estratégias de projetos para potencializar as condições passivas de conforto no ambiente construído.

Um exemplo de aplicação prática da carta bioclimática sugerida por Givoni aplicada à região de Campinas, encontra-se nas figuras 01 e 02; bem como o zoneamento bioclimático e as recomendações para esta região de Zona 3.

DIVISÃO DAS ZONAS BIOCLIMÁTICAS NO TERRITÓRIO BRASILEIRO

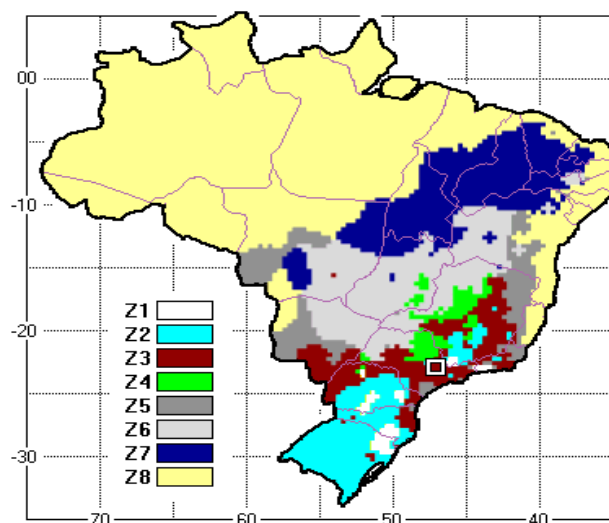


Figura 1- Zoneamento Bioclimático Brasileiro

Fonte: ZBBR – Roriz, 2004.

A NBR 15220-3 estabelece recomendações e diretrizes construtivas, sem caráter normativo para adequação climática de habitações unifamiliares com até três pavimentos.

A região de Campinas está inserida na zona bioclimática 3, onde indicam ser uma área de ventilação cruzada, aquecimento solar da edificação e vedações internas pesadas.

Nestas recomendações são sugeridas *aberturas* médias para ventilação, permitir a entrada de sol no período de inverno, ainda deve priorizar o sombreamento dessas aberturas no período

de verão. Nas vedações externas na região com Zona 3, as paredes externas devem ser leves e refletoras.

A cobertura de uma edificação é a parte com maior exposição à radiação solar, que por sua vez, exerce maior influência na carga térmica transmitida aos ambientes. Ela influencia no conforto térmico dos usuários e no consumo energético no caso de ar condicionado.

Quanto às estratégias de condicionamento térmico sugerida, nesta área classificada como Zona 3, deve ser priorizada a ventilação cruzada no período de verão.

No entanto, no inverno a sugestão é o aquecimento solar da edificação. Já com relação às vedações no período do inverno, elas devem priorizar as vedações pesadas e a inércia térmica.

Na carta bioclimática de Campinas, são projetadas as variáveis climáticas de médias mensais, das máximas e mínimas temperaturas do ar, e ainda das médias mensais de umidade relativa do ar. Cada letra, cor e mês, correspondem a uma sugestão de estratégia para condicionamento térmico, conforme figura 02.

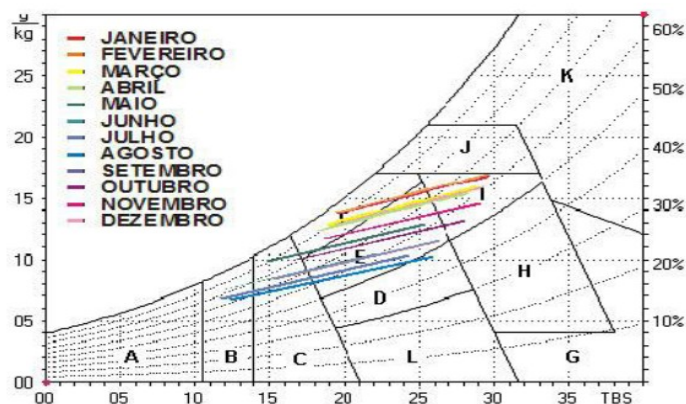


Figura 2 - Carta Bioclimática para a Cidade de Campinas – Zona 3.

Fonte: NBR – Roriz, 2004.

De acordo com a Carta Bioclimática para a cidade de Campinas, as indicações para melhor desempenho térmico na cidade são as seguintes.

- (A) Indica ventilação cruzada no verão (J) e no inverno o aquecimento solar da edificação (B) e vedação interna pesada, inércia térmica (C). Também nesta região climática aplicam-se indicadores das letras (B, C, E, F e I), correspondentes ao aquecimento solar da edificação, uso de ventilação seletiva e do uso da massa térmica para aquecimento.

Tabela 3- Técnicas passivas de resfriamento e aquecimento.

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

Fonte: ABNT- NBR 15220-3, 2005.

Nos últimos anos mesmo com tantos procedimentos indicadores de sustentabilidade na construção civil para obtenção de maiores desempenhos nas edificações, ainda são repetidos alguns erros nas diretrizes e na implantação de alguns projetos.

Chvatal, Labaki e Kowaltowski (1998) em pesquisas realizadas na região de Campinas mostraram que os profissionais têm consciência da importância do conforto térmico natural. Apesar de não utilizarem muitos instrumentos e ferramentas relacionadas a esse aspecto durante o projeto. Segundo as autoras os profissionais ainda se baseiam no que chamaram de “regrinhas práticas” em seus resultados finais. No ano seguinte as autoras realizaram estudos caracterizando o clima da cidade para fornecer subsídio na elaboração de diretrizes de projetos com aproveitamento de recursos naturais. Para isso, aplicaram vários métodos de análises ao clima da cidade de Campinas.

Os resultados desses métodos foram cruzadas para diagnosticar o clima de forma detalhado. Estas informações climáticas e cada um dos elementos (temperatura do ar, vento e umidade relativa) foram observadas ao longo do ano. Em algumas situações segundo as autoras, não foi possível enquadrar o clima de acordo com os padrões previamente estabelecidos. Isso

devido ao fato de se tratar de uma área de transição com climas compostos de úmido e seco. Entretanto, foi possível estabelecer algumas recomendações para projetos bioclimáticos para melhorar o desempenho natural das edificações, conforme tabela 4. Segundo as autoras estas diretrizes visam apenas fornecer alguns subsídios na fase de concepção de projeto arquitetônico. O que consideram extremamente importante quando se trata de conforto térmico.

Goulart, Lamberts e Firmino (1998) afirmam que o conhecimento das condições climáticas externas é importante, pois, estas representam os requisitos básicos para o projeto de sistemas de ar condicionado e para os cálculos simplificados do consumo de energia para simulações mais detalhadas de energia nas edificações. A priorização de métodos de projetos utilizando recursos naturais, favorecendo as ações das variáveis ambientais, além de melhorar o nível de conforto térmico no ambiente construído, ainda pode melhorar o desempenho final, colaborando na redução do consumo geral de energia elétrica da edificação. Neste contexto Chvatal (1998) afirma que quando se leva em conta o clima local, é possível muitas vezes, proporcionar conforto térmico, sem recorrer ao uso de equipamentos mecânicos, ou seja, somente com a escolha correta dos materiais e elementos construtivos dos fechamentos, e a garantia de insolação e ventilação adequada.

O arquiteto ou projetista deve considerar os vários elementos compostos na natureza e no local da nova edificação. Isso deve ser usado como aproveitamento dos recursos ambientais, e como um instrumento no momento da tomada de decisão na elaboração do projeto para proporcionar um correto desempenho. Seja ele, térmico, acústico ou visual.

Para Kowaltowski et al (2007) *os erros de conforto em geral são percebidos na fase pós-ocupação pelo usuário e sem retorno ao projetista. Com isso, devido à constatação tardia, ou seja, somente após o término da obra, estas insatisfações não chegam até o profissional projetista, com isso, dificulta a correção do erro que gerou a insatisfação no ambiente da edificação.*

Tabela 4- Diretrizes para concepção de projetos bioclimáticos para a cidade de Campinas, SP.

Aspectos	Recomendações
ABERTURAS	• Devem ser orientadas de modo que seja possível ventilação cruzada. (aproveitamento do vento sudeste). • Protegidas contra vento sudeste no inverno. Ter cuidado com as infiltrações em portas e janelas submetidas a esse vento em áreas pouco adensadas. • Reguláveis, para que seja possível o controle do fluxo de ar de modo a atender as exigências de ventilação variáveis ao longo do ano. Não devem ser previstas aberturas permanentes de ventilação. • Posicionamento de forma que o vento incida diretamente sobre os ocupantes no verão (janelas na altura dos usuários). • Com dispositivos exteriores para controlar a radiação solar no período de setembro a abril, principalmente nos horários mais quentes do dia, referentes ao período da tarde (análise através da carta solar). • Protegidas contra chuva.
ORIENTAÇÃO E INSOLAÇÃO	• A orientação dos edifícios deve favorecer o aproveitamento do vento predominante sudeste. • Controle da radiação solar através das cores apropriadas das superfícies. • Tratamento do solo circundante para controlar as temperaturas superficiais. Uso de vegetação que diminui a necessidade de drenagem da água da chuva.
ESPAÇAMENTO ENTRE AS EDIFICAÇÕES	• Grande separação entre as edificações para entrada do vento sudeste no verão úmido
FECHAMENTO	• Inércia térmica de média a alta, devido às grandes amplitudes de temperaturas, principalmente no inverno.
SUPERFÍCIES ENVIDRAÇADAS	• Com dispositivos exteriores para controlar a radiação solar no período de setembro a abril, principalmente nos horários mais quentes do dia, referentes ao período da tarde (análise através da carta solar).

Fonte. Chvatal et al (1999)

Neste contexto, Marques, Regolão, Chvatal (2011) avaliaram o conforto térmico de um determinado modelo de residência de interesse social existente na cidade de São Carlos (SP). Nesse trabalho foram utilizadas várias ferramentas que fornecessem resultados tanto qualitativos quanto quantitativos, verificando a adequabilidade dos elementos do edifício que pudessem interferir no desempenho térmico. Utilizaram-se os conceitos de conforto térmico na proposição de mudanças ao projeto.

Foram feitas análises bioclimáticas da cidade onde o projeto se insere para identificar diretrizes construtivas compatíveis com o clima local. Analisou projetos e entorno. Considerou insolação, ventilação, materiais opacos e tamanhos de aberturas. A pesquisa buscou demonstrar a utilização de ferramentas simplificadas de análises quantitativas e qualitativas para melhorar o desempenho térmico de projetos não complexos, como no caso a habitação social.

Os resultados desse trabalho mostram que a aplicação de simples ferramentas de análise bioclimática de projetos indica a necessidade de modificação de algumas características proposta inicialmente para habitação popular. Indicam algumas mudanças da implantação da edificação na lateral da divisa do lote, a substituição do muro por cerca viva, adoção de novo tipo de vedação externa vertical. Se isso fosse considerado, iria modificar o desempenho do edifício e eliminar os transtornos causados aos usuários desse ambiente construído.

A seguir será exposto e discutido um breve panorama energético e os métodos de obtenção da eficiência energética na edificação.

2.6 EFICIENCIA ENERGÉTICA

A necessidade de economia de energia no ambiente construído não é recente e já é conhecida há muitos anos. Entretanto, foi intensificada no final do século XX.

Nas décadas de 70 e 80, começam a ser introduzidas medidas para controlar e racionalizar o consumo energético no mundo. Até este período o consumo energético ainda era ilimitado. Após uma alta absurda nos custos de barril de petróleo e o embargo imposto pelos grandes produtores, os usuários se viram obrigados a restringirem o consumo de energia em suas

residências, e mudar seu estilo de vida. Neste período, a iluminação e a calefação, dentre outros, se tornam racionalizadas e utilizadas somente o necessário.

Contudo surgiu à necessidade do uso racional da energia, tanto no setor residencial quanto comercial e industrial. Com estes acontecimentos, os usuários foram obrigados a se adaptar a uma nova realidade. Mas, no entanto, ao longo dos anos foram criando métodos mais eficientes em suas atividades para reduzir o consumo energético.

Na segunda metade do século XX, o uso de energia estava desenfreado, ou seja, o consumo de energia, nesta época estava no auge, sem limites e isso era uma epidemia mundial. O crescimento das indústrias, e as inserções das diversas alternativas de produtos no mercado, sem preocupação com o consumo, exigiu em um conjunto de mudanças tecnológicas que se expandiu pelo mundo. Evans (2007) afirma que a revolução industrial não só introduziu novos materiais como também expandiu os produtos já existentes em grande quantidade com melhor qualidade e ainda com baixos preços e com isso foi capaz de superar barreiras geográficas. Isto impactou diretamente a construção civil, devido aos novos elencos de materiais, que como exemplos podem ser citados o aço e o concreto armado criando novos estilos arquitetônicos.

O crescimento industrial, consequentemente atraindo os trabalhadores dos meios rurais rumos às regiões urbanas na década de 80, causou um crescimento indiscriminado das grandes cidades. O que aumenta as áreas impermeabilizadas sem a mínima consideração com o meio ambiente. Isto, segundo especialistas colabora com aumento da demanda de energia nos grandes centros urbanos.

A partir daí, a internacionalização arquitetônica acabou mudando o quadro da arquitetura mundial, revolucionando seus conceitos. Projetos como o esqueleto estrutural de Le Corbusier e as cortinas de vidro de Mies Van der Rohe (chamados edifícios estufas), disseminaram-se como um padrão internacional. Porém, essas construções não foram adaptadas ao clima de cada região, ignorando os conceitos de conforto ambiental. Os sistemas de iluminação e climatização artificial passaram a ser utilizados em grande escala, agravando a crise de energia da década de 70, somando-se ao aumento populacional nos grandes centros na década de 80.

Com isso, surge então a preocupação com a melhoria da qualidade das edificações. Devido ao histórico de consumo de energia elétrica, surge a eficiência energética como alternativa para reduzir o impacto negativo crescimento desordenado e inconsequente.

Neste contexto, Zhao, Wu e Zhu (2009) afirmam que devido ao crescente aumento no consumo energético nas edificações do país, o governo chinês criou um programa de eficiência energética nos edifícios públicos governamentais, e em edifícios em geral. Introduziu a eficiência energética em edifícios, desde os prédios comerciais, universidades, até grandes lojas de departamento.

O objetivo do governo era reduzir o consumo de energia em 20% no país. Para isso, fizeram um grande trabalho de gerenciamento de energia em cinco regiões com maior número de edificações. Como não tinham dados sobre os edifícios, começaram do zero, ou seja, desde a classificação dos tipos de edifícios até o consumo de cada um deles. Para a surpresa dos pesquisadores, os maiores consumidores de energia nas regiões pesquisadas, eram os próprios edifícios do governo.

A explicação, segundo os pesquisadores Zhao, Wu e Zhu (2009), é exatamente por serem edifícios públicos e não ter regras no consumo e nem manutenção dos equipamentos para economizar energia. Mas, no entanto, com esta atitude, no final de dois anos de trabalho, eles já estavam obtendo retorno e sentindo a diferenças nos custos com energia elétrica nos edifícios.

Os pesquisadores Zografakis, Karyotakis e Tsagarakis (2012) analisaram as políticas de eficiência energética e as práticas utilizadas em edifícios comerciais de escritórios na Grécia. Para isso, entrevistaram 685 gestores de empresas sobre os fatores que os influenciaram e os levaram a investir em tecnologias econômicas para iluminação. Concluem que a vontade de um gerente em investir em tecnologia de iluminação para economia ou eficiência energética foi positivamente influenciada por uma série de fatores, dentre eles, empresas localizadas em prédios antigos, empresas afetadas pela escassez de energia elétrica, ou empresas com grandes áreas e com alto consumo energético.

Os autores ainda concluem que a avaliação das tecnologias de iluminação disponíveis em edifícios de escritórios, mostrou-se positivamente influenciada por uma série de parâmetros, tais como retorno financeiro, as empresas recém-estabelecidas e ou geridas por pessoas experientes e muito conscientes e altamente educadas.

2.6.1 CONSUMO E CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

A crise na demanda de eletricidade do início século XXI no Brasil afetou enormemente vários setores, inclusive em maior escala o setor residencial, pegou governantes desinformados e despreparados e ainda com curto espaço de tempo para resolver situação. Diante deste fato, foram criadas metas visando racionalizar o consumo de energia e melhorar a performance das edificações, e ainda reduzir o consumo dos recursos naturais.

O consumo de energia elétrica no Brasil vinha crescendo desde 1980 a 2007 em uma média de 4,5%, ao ano, o que significava passar de 122,7 TW/h para 412,6 TW/h. O setor residencial foi o que mais cresceu isto é; passando de 63,576 GWh 1995 para 111.971 GWh em 2011, crescendo numa taxa maior que a do setor comercial no mesmo período. Somente no ano de 2002, houve uma inversão neste panorama, devido a vestígio da crise energética ocorrida em 2001, em que o setor residencial ou não havia se recuperado ou aprendeu a economizar energia. Neste período de crise, o setor residencial teve que economizar aproximadamente 13% de energia elétrica em suas residências. A partir daí o crescimento vêm ocorrendo numa média de 4,3% desde 2002 até 2011.

No ano de 2002 o setor comercial começa a consumir numa taxa mais elevada que o setor residencial, e continuou subindo até o ano de 2008, quanto provavelmente devido a alguma crise ou aos aumentos das contas de energia, foi ultrapassado novamente pelo setor residencial que somente recuou no ano de 2011, dando espaço novamente ao setor comercial.

A figura 03 mostra a evolução histórica do consumo de energia elétrica no Brasil desde o ano de 1995 a 2011, de acordo com dados do EPE (2012). Neste período a taxa de crescimento no consumo médio de energia elétrica nacional foi de 4%. Isso considerando os anos de 2001 e 2009 em que houve grandes quedas no consumo de energia elétrica.

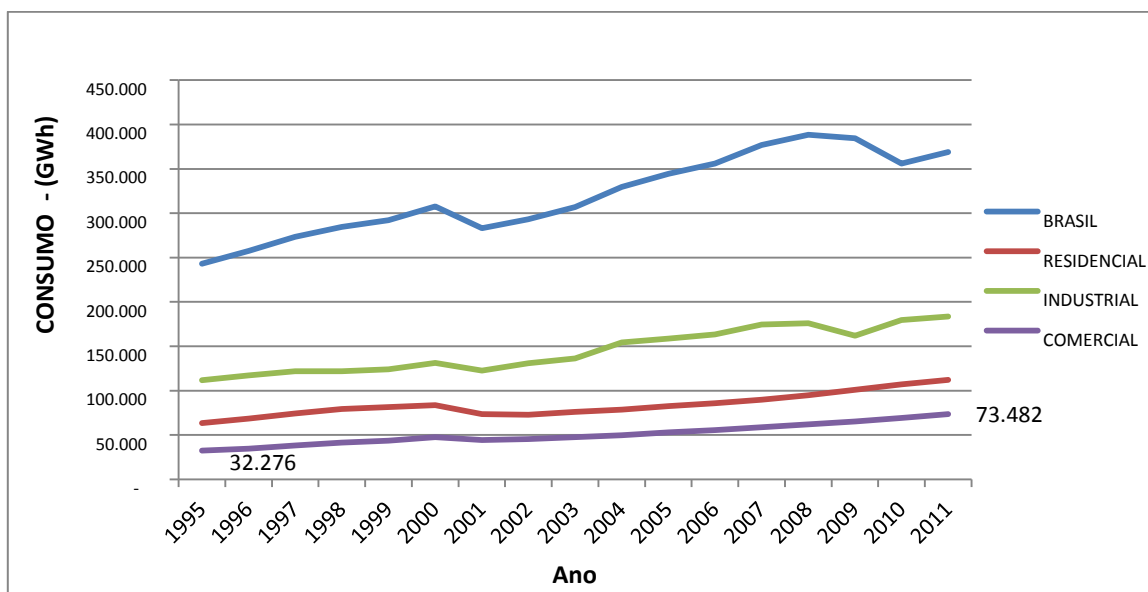


Figura 3- Gráfico do Consumo de Energia Elétrica nos Diversos setores (EPE, 2012).

A queda no consumo energético no ano de 2001 é devido ao fato do grande racionamento ocorrido, em razão da falta de energia para suprir a demanda interna do país. Já no ano de 2009 novamente ocorre uma queda no consumo de energia elétrica no país, principalmente no setor industrial. Isto pode ser reflexo da crise mundial que afetou o crescimento nacional, o que explica também a queda do consumo nacional brasileiro, uma vez que os setores comercial e residencial permaneceram praticamente intactos com relação aos demais.

As figuras 04 e 05 mostram a evolução do consumo de energia elétrica e o consumo médio do setor residencial, comercial e industrial no Brasil, no período de 1995 a 2011.

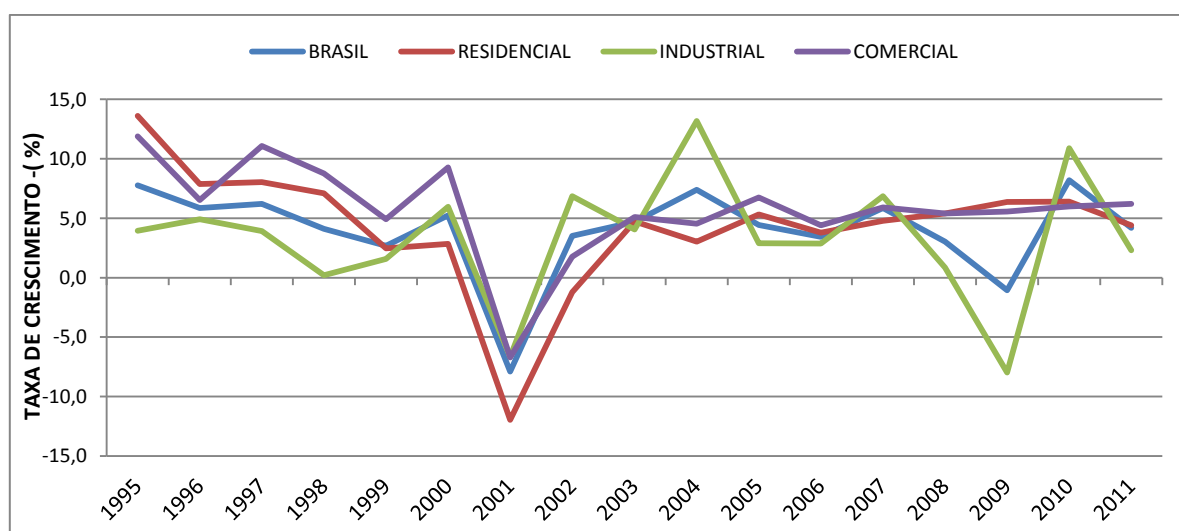


Figura 4- Gráfico da Evolução do Consumo de Energia no Brasil

Fonte: EPE, 2012.

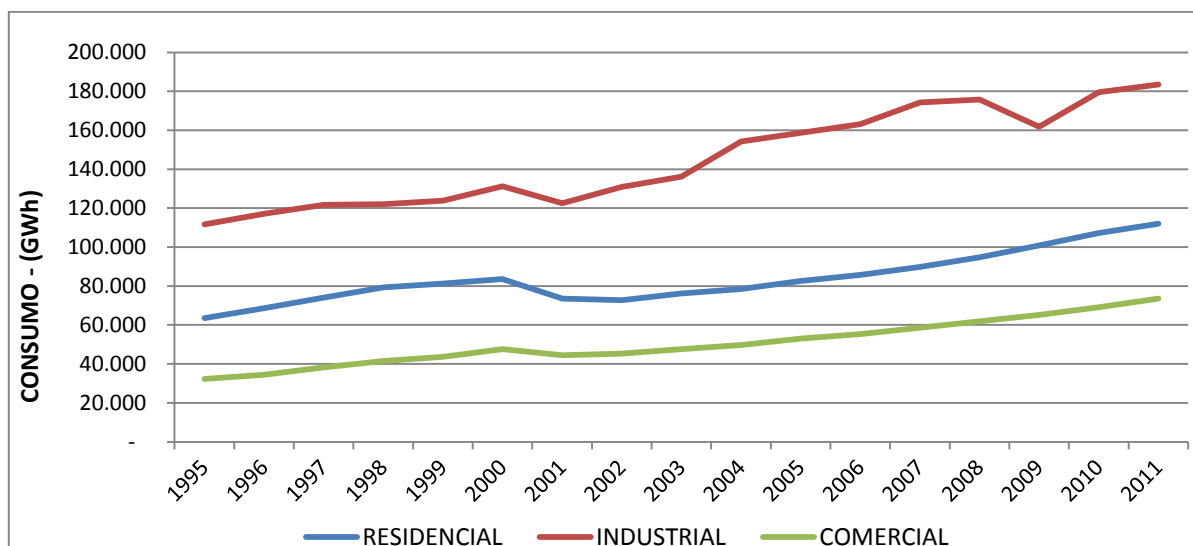


Figura 5 – Consumo de Energia Elétrica dos Setores Residencial, Industrial e Comercial, Fonte: EPE, (2012).

Se considerarmos que durante a crise energética 2001, conseguiu-se economizar uma porcentagem razoável de energia, então, pode-se concluir que o segmento residencial tem potencial de corte no consumo de energia. Talvez não precise ser tão radical quanto foi no período de racionamento de 2001. Entretanto, ao mesmo tempo, mostrou-se que tem competência para racionalizar e que pode colaborar com o meio ambiente.

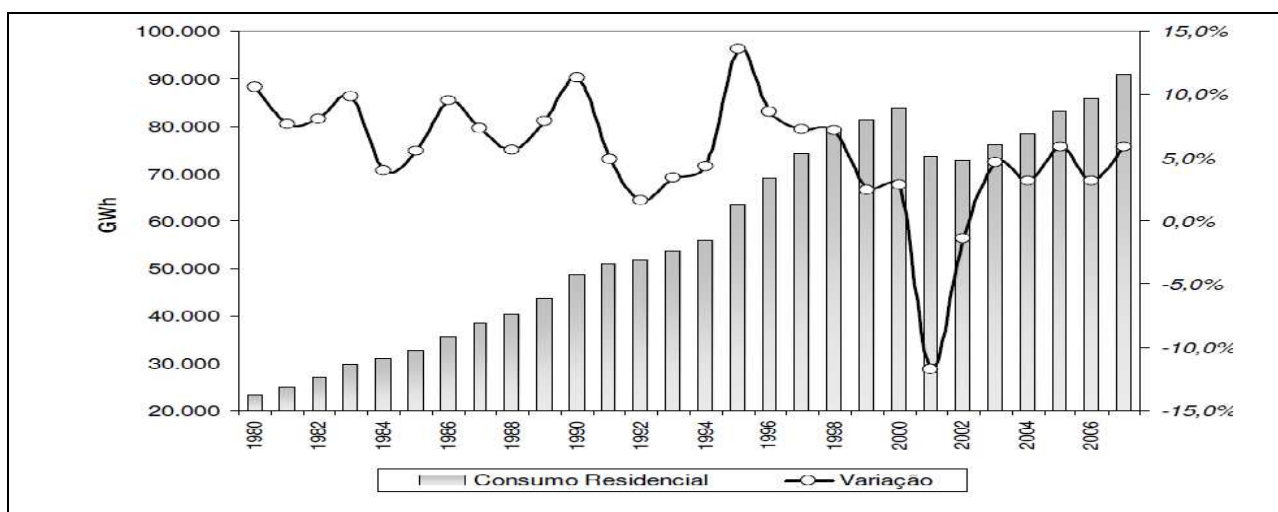


Figura 6- Gráfico da Evolução do consumo residencial de energia elétrica (Gwh) e da taxa média anual de variação do consumo residencial (%), Brasil: 1980 – 2007).

Fonte: Achão (2009)

Conforme a figura 4, no período entre 1999 e 2006, evolução do consumo residencial foi bem acima da variação média de consumo. O que é contrário aos anos anteriores onde a variação do consumo médio foi inconstante com inúmeras variações. No entanto, o consumo residencial era bem menor, o que dava certa folga na produção de energia. Neste período, a variação se mostrava bem superior ao consumo residencial. No entanto, não foi à realidade entre 1998 e 2001 quando o potencial de consumo era bem elevado, mas, no entanto, devido ao racionamento a variação desse consumo teve que ser reduzido.

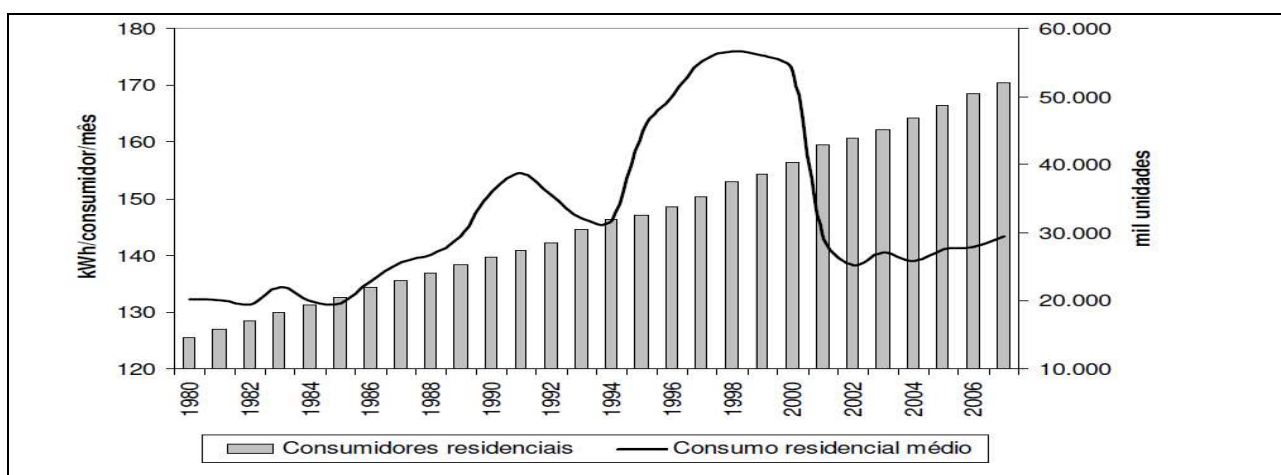


Figura 7- Gráfico da Evolução do consumo residencial de energia elétrica (Gwh) e da taxa média anual de variação do consumo residencial (%), Brasil: 1980 – 2007).

Fonte: Achão (2009)

Isso pode ser reflexo da crise de energia de 2001 e também pelas instabilidades econômicas do período, o que influenciaram diretamente no consumo de energia no país. Ao mesmo tempo, mostra que o País é capaz de superar crises mesmo quando isso significa corte de padrão de conforto à sociedade.

De acordo com dados do EPE (2011) o consumo médio por consumidor residencial passará de 154 kWh/mês, em 2010, para 191 kWh/mês em 2020. O máximo histórico de 180 kWh/mês, observado antes do racionamento de 2001, será ultrapassado por volta de 2017.

A previsão de demanda para os próximos anos segundo EPE (2011) incorpora ganhos de eficiência elétrica que resultam em uma redução do consumo de eletricidade, em 2020, de 33,9

mil GWh. Esse montante de energia conservada equivale à geração de 4,5 mil MW médios (aproximadamente a energia média a ser gerado pela usina hidrelétrica de Belo Monte).

Observa-se na figura 08 os dados do consumo de energia desde o ano 2000 e as projeções até 2020 dados pelo EPE (2012). Pelos dados, alguns movimentos registrados nos últimos 10 anos deverão continuar e, mesmo, se aprofundar nos próximos 10 anos. A estimativa é que o consumo comercial continuará ganhando participação no consumo total na rede e nas demais classes de consumo registram perda de participação no período 2011-2020, que é mais acentuada no conjunto das chamadas outras classes de consumo.

CONSUMO DE ELETRICIDADE NA REDE, POR CLASSE (%)

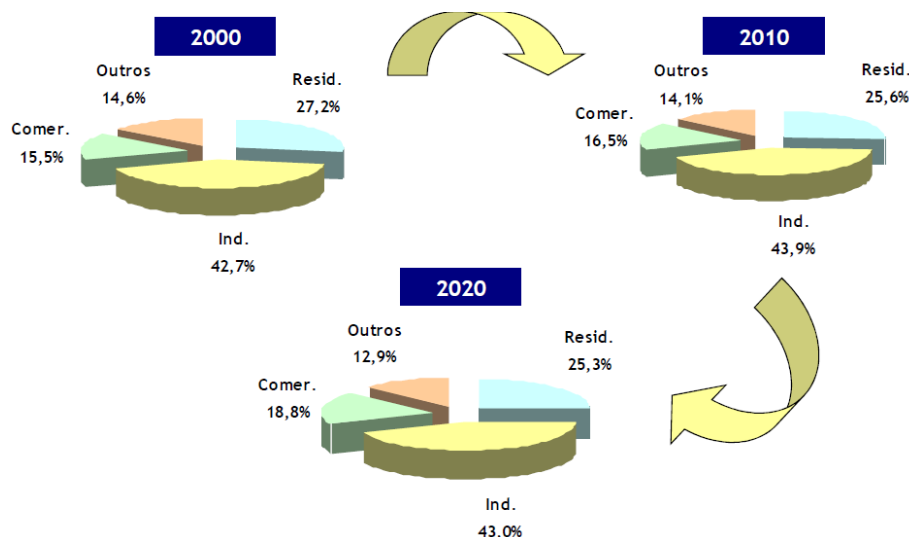


Figura 8. Ministério de Minas e Energia.

Fonte: EPE (2012).

Para Agopyan e John (2011) a Construção Civil pode influenciar no consumo da eletricidade em alguns aspectos relativos à iluminação, condicionamento ambiental, resfriamento, aquecimento e ar condicionado. No entanto, o potencial de contribuição de cada um desses itens citados acima, depende das características regionais da edificação, para se definir o grau de dependência do consumo energético. Para os autores, o desafio é fazer a economia evoluir, atendendo às expectativas da sociedade e mantendo o ambiente sadio para as futuras gerações.

As edificações são responsáveis por uma grande soma de consumo de energia no mundo. Os autores, Agopyan, John (2011) estimam que em nível global os edifícios sejam responsáveis por 25% das emissões de CO₂. Isso, com emissões diretas, ou seja, com queima de combustíveis fósseis para condicionamento ambiental, aquecimento de água e ainda emissões direcionadas à eletricidade. Para eles, as questões locais são determinantes da contribuição do uso dos edifícios para emissões do CO₂.

Para Lamberts, Dutra e Pereira (1997), *“O uso eficiente da energia elétrica não significa apenas uma redução nas despesas de energia, mas também redução nos impactos ambientais, Muitas vezes a eficiência energética está ligada não só aos processos produtivos, mas à melhoria da qualidade do ambiente de trabalho”*.

As edificações no Brasil são responsáveis por um grande consumo de energia. Mas, não podemos esquecer que este consumo vem desde a concepção da edificação passando pelo setor operacional até o descarte dos resíduos da demolição.

Segundo dados do BEN (2012) o setor operacional de edifícios utilizam aproximadamente 44% da energia consumida no país. Se considerarmos os setores, residencial consumindo aproximadamente de 22%, mais o comercial 14,5% e ainda se somarmos com outros setores como o público, industrial, a energia gerada no momento se torna insustentável em longo prazo sem investimentos na geração e produção de energia, numa economia em crescimento como é o caso do Brasil. É importante frisar que grande parte da energia elétrica consumida poderia ser economizada se houvesse conscientização ambiental.

“Os maiores e mais graves problemas ambientais do nosso planeta estão relacionados com o uso de energia. Embora tenham ocorrido muitos avanços no sentido de conseguir maior eficiência no uso da energia, os desperdícios ainda são inerentes a esse uso. Somente um terço da energia primária utilizada atualmente seria necessário para atender à demanda final” (CÉO et al, 2004).

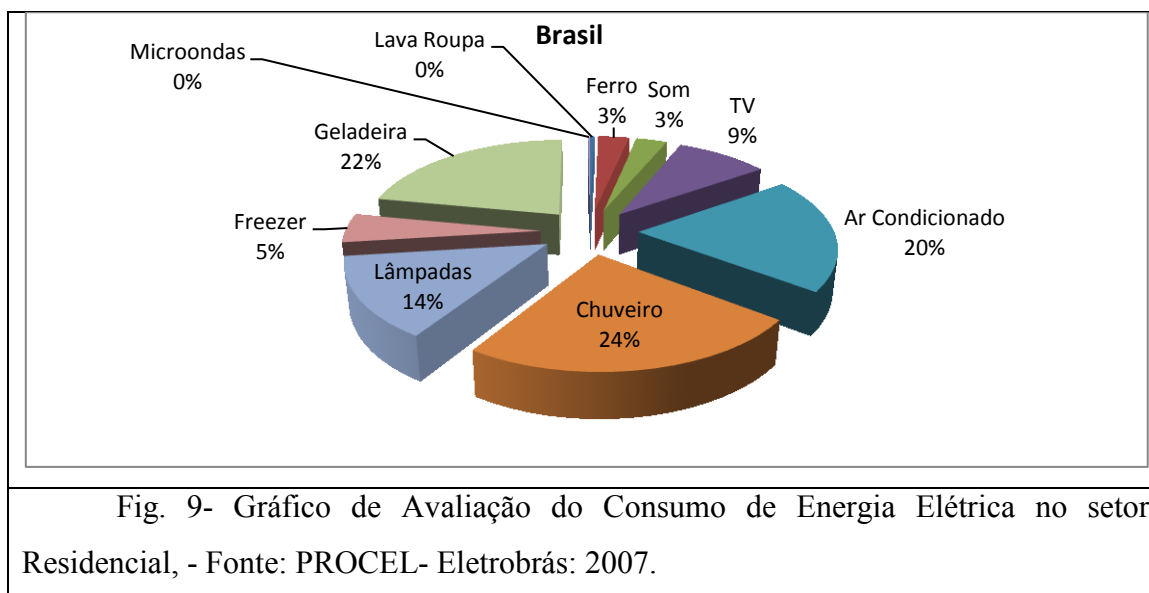
Atualmente com auxílio de algumas normas e métodos preestabelecidos e ainda pelos códigos de obras, sistemas de certificação ambiental, dentre outros, é possível de se obter grandes avanços relacionados à economia de recursos naturais durante o ciclo de vida útil de uma

edificação. Também muitas vezes pode incentivar e orientar o setor no sentido de priorizar soluções mais sustentáveis.

2.6.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS EDIFÍCIOS: RESIDENCIAIS, COMERCIAIS, PÚBLICOS E SUPERMERCADOS

Estudos realizados por Toledo (1995) em edifícios públicos e comerciais de Florianópolis mostram que o uso do ar condicionado atinge de 33 a 42% do consumo de energia elétrica, podendo chegar a até 67% em edifícios envidraçados. Mascarenhas et al (1995) analisou edifícios comerciais em Salvador, e conclui que o ar condicionado representou neste caso 64% do consumo de energia. Já, Lomardo (1998) verificou que no Rio de Janeiro existem edifícios comerciais que consumiam até 25% de energia elétrica com ar condicionado.

No setor residencial, o ar condicionado pode representar até 20% do consumo de energia, figura 9, enquanto nos setores comerciais e públicos, este número chega ao dobro, atingindo até 47% e 48% respectivamente, figuras 10 e 11.



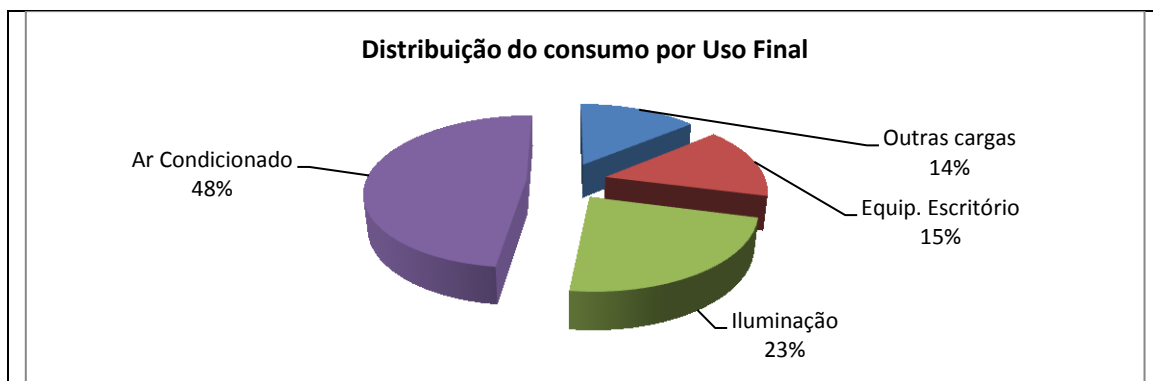


Fig. 10- Gráfico de Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil – Pesquisa Prédios Públicos AT- PROCEL- Eletrobrás 2007

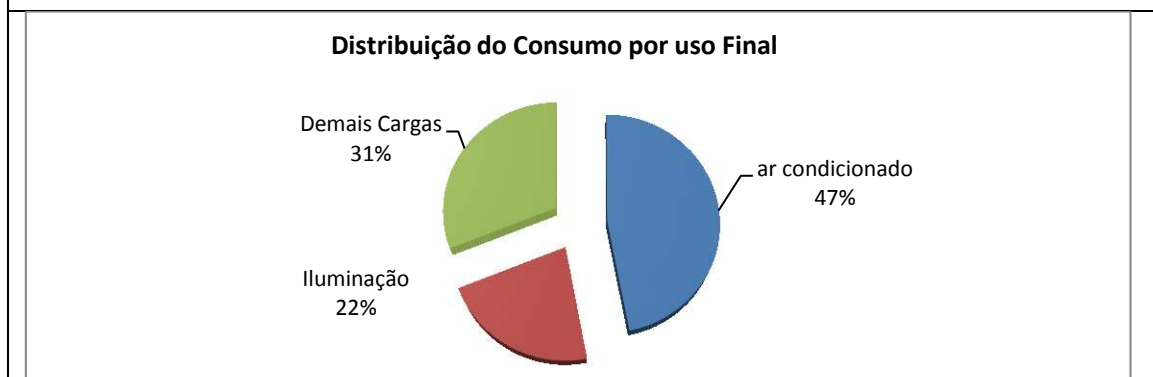


Fig.11- Gráfico de Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil: Pesquisa Setor Comercial AT, PROCEL- Eletrobrás, 2007.

2.6.2.1 Edifícios Residenciais

Santos (2006) realizou uma pesquisa histórica sobre o consumo de energia no setor residencial na região de Campinas, SP. Nesse trabalho pesquisou 540 apartamentos nos quais foram questionados; consumo mensal, número de ocupantes e equipamentos de eletrodomésticos utilizados nas residências, dentre outras de caráter pessoais.

Para isso, utilizou-se de análise de regressão múltipla para verificar quais variáveis seriam representativas no consumo da energia elétrica no setor residencial. O autor afirma que para sua surpresa, na comparação dos dados dos eletrodomésticos com o consumo, os dados de sugestão do PROCEL, apresentam valores mais elevados, que os observados nas amostras estudadas. Concluiu que o consumo médio dos apartamentos pesquisados foi de 163kwh/mês e ainda que a

área média dos apartamentos mostrou-se insuficiente para indicar a previsão de consumo e demanda, devido ao seu baixo coeficiente de correlação com o mesmo.

Kinsel (2009) propôs um método de avaliação do desempenho térmico e energético para edifícios residenciais na cidade de Porto Alegre/RS. O objetivo era pesquisar e analisar criticamente as condições de conforto dos usuários no ambiente construído, e os recursos energéticos alocados para atingir esse conforto. Utilizou as estratégias bioclimáticas de projeto, do consumo de energia, fundamentos do clima para avaliar. Foram levantados o número de horas com temperatura de conforto e o consumo energético para dois ambientes residenciais, dormitórios e salas. Análise o tamanho das aberturas, a direção, sombreamento e ventilação,

Os resultados mostraram as discrepâncias e semelhanças entre os parâmetros da variável da abertura no desempenho térmico-energético dos compartimentos, e na eficiência energética das edificações. Portanto, apresenta-se uma visão preliminar da influência que o desenho do edifício tem sobre o condicionamento térmico e energético da habitação na região climática de Porto Alegre.

O consumo energético no setor residencial segundo Kinsel (2009) é representativo em relação ao consumo total da cidade, sendo que o ápice ocorre no mês de janeiro, o que pode ser atribuído ao desconforto dos ocupantes nas residências. Para a autora, as tipologias dos edifícios residenciais das décadas de 70, 80 e 90 vêm se tornando “energizadas”, com a utilização de sacadas envidraçadas, cuja temperatura interna do ambiente é manipulado pelo uso de ar condicionado.

Kinsel(2009) destaca a responsabilidade ambiental que a legislação da cidade tem ao definir diretrizes construtivas que envolvem a abertura, visto que ao estabelecerem os tamanhos das janelas dos quartos não é feito o exame da qualidade e da quantidade de iluminação e ventilação natural. Para a autora, durante grande parte do ano, o conforto térmico na cidade, pode ser atingido com estratégias bioclimáticas de projeto, com auxílio de meios passivos, o que resulta na redução do consumo de energia elétrica das edificações. Segundo a autora, o dimensionamento da abertura é o parâmetro que mais influencia o desempenho térmico e energético dos ambientes. Portanto, a autora recomenda que o dimensionamento da abertura com os demais parâmetros sirvam de referência na elaboração da composição formal da edificação, para que os edifícios residenciais possam se transformar em paradigmas de conforto.

Com relação a eficiência energética segundo Kinsel (2009), os edifícios que obtiveram conceito C, apresentaram aberturas grandes na sala e aberturas médias nos quartos. Já os edifícios com conceito A apresentaram aberturas pequenas em todos os compartimentos. Portanto, segundo a autora, o tamanho da abertura deve ser dimensionado de maneira integral como solução de condicionamento espacial do edifício que considere o conjunto de parâmetros avaliados. Este estudo mostrou a importância da adequação do projeto à região da edificação para se obter maiores desempenhos.

2.6.2.2 Edifícios Comerciais

Estudos realizados por Carrieres (2007) avaliou a influência de parâmetros construtivos com relação ao consumo de energia e ao conforto térmico de edifícios de escritórios da cidade de São Carlos, de forma a adequar os edifícios ao clima da cidade. Monitorou alguns edifícios com relação às características construtivas e as variáveis ambientais. Fez simulações com os tipos de construções mais utilizados no país. Todos os parâmetros foram avaliados, porcentagem de vidros, orientação, absorvância da fachada e da coberturas, entre outros. Com isso, obteve resultados reais de cada um dos edifícios. Concluiu que a absorvância das coberturas foi o parâmetro que mais influenciou no consumo energético do edifício, sendo mais elevado no verão, chegando a 238% a mais com relação as fachadas.

Lee, Westphal e Lamberts (2001) utilizaram o VisuaDOE para realizar uma simulação energética com dois edifícios novos da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e compararam com modelos antigos. Segundo os autores o projeto dos novos edifícios respeitou os conceitos de eficiência energética, pois visava ser um modelo às futuras obras no campo universitário. Concluíram que é possível obter melhores desempenhos de energia e economizar aproximadamente 24% no consumo anual nos edifícios da Universidade. Esta redução obtida na demanda de energia representa aproximadamente 64% do valor máximo de redução anual. Já com relação ao consumo de energia dos dois edifícios estudados, a economia de energia com iluminação e ar-condicionado foi de aproximadamente 38%. Para os autores, isto mostra que medidas simples podem reduzir significativamente o consumo de energia. A especificação de equipamentos com bom desempenho energético e elaboração de projetos adequados e proteção

solar, são medidas de baixo custo que deveriam ser tomadas como regras básicas ao se projetar uma obra.

Gomazako (2007) afirma que o crescimento do número de construções de “*shopping centers*” e hipermercados, implantados em diversas regiões do país nos últimos anos, oferecem várias comodidades aos seus usuários, tais como: grandes lojas de departamentos, diversas salas de cinemas, lojas de eletrodomésticos, autopeças e acessórios, entretenimento, redes de *fast food* e serviços: bancos, livrarias, farmácias, caixas eletrônicas, lotéricas até quiosques de pequenos objetos, *souvenir* e acessórios diversos. Isso se deve ao fato da necessidade de oferecer aos usuários maior conforto e comodidades e ainda garantir certo nível de segurança aos seus clientes. Para o autor, a busca pela eficiência e produtividade dentre outros, são necessárias no mundo atual e devem ser considerados ao projetar ou modificar um empreendimento.

Ao planejar uma obra, há uma etapa importante na elaboração do projeto, que é a fase do planejamento, nessa fase serão coletados os dados do entorno e da área onde a edificação será implantada. Esta é uma tarefa muito relevante que deve ser priorizada pelo arquiteto. Degani e Cardoso (2002) chamam a atenção para a importância dos projetos arquitetônicos e de engenharia uma vez que ambos tem seu papel a desempenhar numa obra, pois, é a partir desses dados que surgirão os conceitos globais do produto (Edifício). É importante nessa fase potencializar o uso dos meios naturais de conforto no ambiente construído para racionalizar o uso de energia.

Kessler, Nicol e Humpheys (1998) afirmaram que as vendas de condicionadores de ar no Brasil aumentaram 136% entre Março de 1994 a março de 1995, ou seja, em apenas um ano. Segundo os autores, enquanto países do Norte Europeu consumiam energia desnecessária para resfriamento ambiental, os países mediterrânicos, mais quentes e com economias em rápido crescimento, já começavam a fazer o mesmo. Garrocho e Amorim (2004) afirmam que a utilização da iluminação natural em algumas regiões ensolaradas do Brasil, reflete diretamente no consumo de energia com ar condicionado e iluminação artificial. Para eles a luz natural produz menos calor que outros tipos de iluminação, o que reduz o consumo com ar condicionado.

No Brasil, embora sendo ainda baixa a porcentagem de uso de equipamentos de ar condicionado, representava em 2007, aproximadamente 3% do consumo nacional de energia,

sendo que o maior consumo nesta época foi registrado no Norte do país, devido ao rigor do clima conforme tabela 5.

Tabela 05 - Consumo de Energia no Brasil com Ar Condicionado

REGIÃO	REFRIGERAÇÃO	AR CONDICIONADO
SUDESTE	33.1%	3.3%
SUL	32.6%	1.5%
NORTE	35.4%	9.4%
NORDESTE	41.0%	3.1%
CENTRO-OESTE	33.6%	2.3%
BRASIL	34.1%	3.0%

Fonte: (ALMEIDA et al, 2001) adaptado de Triana e Lamberts (2007)

Este índice tende a aumentar à medida que os preços dos equipamentos se tornem mais convidativos no mercado. Portanto, no ato da compra, é necessário considerar a classificação de consumo energético indicado nas etiquetas dos equipamentos de eficiência energética, pré-estabelecida pelo Selo Inmetro. O selo inicia com a Letra (A) indicando melhor rendimento, e varia ao longo do abecedário. Quanto mais próximo do A melhor. Este selo tem por objetivo indicar a categoria dos equipamentos e seus respectivos consumos energéticos. No entanto, no ato da compra, o consumidor deve priorizar os equipamentos com menor consumo para economizar energia elétrica reduzir o impacto ambiental com uso desses aparelhos.

“A eficiência energética pode ser entendida como a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia. Portanto, ainda segundo este autor, um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com o menor consumo de energia” (LAMBERTS, DUTRA E PEREIRA, 1997). Para o autor, um edifício é mais eficiente energeticamente quando proporciona as mesmas condições ambientais com o menor consumo possível.

A Eficiência energética é a forma de medir o desempenho do condicionador de ar, relacionando sua capacidade de refrigeração com o consumo de energia (BTU / Watts).

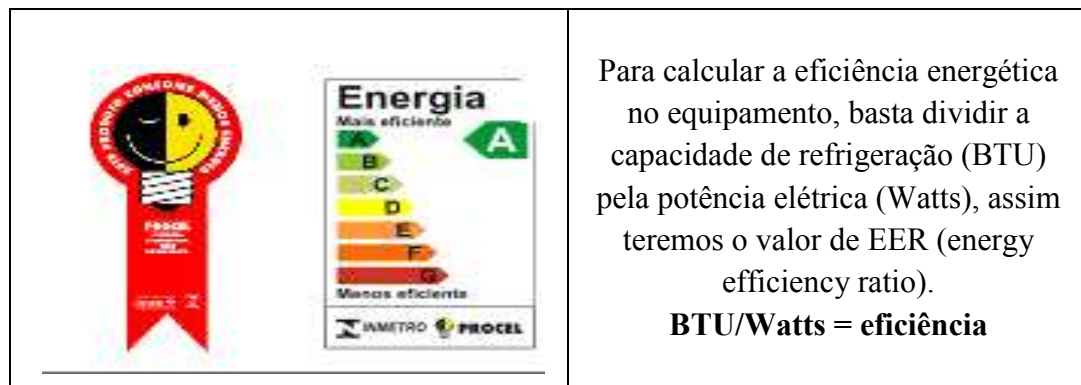


Fig. 12 - Selo de eficiência energética

Quando um aparelho consegue refrigerar a quantidade de calor da sua capacidade nominal a um baixo consumo, pode-se dizer que ele é mais eficiente. Quanto maior o valor da eficiência energética, menor o consumo do aparelho.

2.6.2.3 Edifícios Públicos

Vasconcellos et al (2011) analisaram o sistema de ar condicionado nos edifícios da Casa Civil, Secom e Casa Militar do Governo do Estado na cidade de Cuiabá, MT. Esses edifícios segundo os autores apresentava consumo significativo de energia elétrica e tinha grande potencial de economia. Com auxílio de equipamentos adequados, analisaram o consumo de energia dos condicionadores de ar tipo split existentes nos edifícios, objetivando a redução do consumo de energia. Indicaram a substituição de alguns equipamentos por outros mais eficientes com selo Procel enquanto alguns foram apenas automatizados. Os autores, Vasconcellos et al (2011) constataram que ações conjuntas entre consumidores e concessionárias constituem o principal alicerce para o desenvolvimento de metodologias que possibilitam redução das perdas financeiras, técnicas, comerciais, ambientais e sociais das empresas de distribuição e consumidoras finais, causadas pela má utilização dos recursos elétricos. Após a substituição dos equipamentos condicionadores de ar, realizaram visitas aos locais e constataram melhorias na refrigeração dos ambientes que antes era com ar condicionado tipo janela e a temperatura média era em torno de 32°C e, após a substituição se mantém em torno de 25°C.

Os autores constataram ainda a diminuição dos ruídos, o que possibilita melhores condições e qualidade de trabalho. Para os autores, a substituição dos aparelhos antigos nos prédios públicos é viável, uma vez que o consumo de energia total irá reduzir. Segundos Vasconcellos et al (2011) a após a trocas dos equipamentos, houve uma redução de energia de 9397,744 KWh/ano para 4,45 KW, o que consideraram significativo para o condicionador tipo janela. Também constataram aumento na eficiência devido à baixa manutenção requerida pelos novos condicionadores de ar.

2.6.2.4 Supermercados

Há milhares de edificações direcionadas ao comércio de produtos alimentícios no mundo. Há dados que existam aproximadamente oitenta e três mil edificações para fins de comércio de alimentos no Brasil, segundo dados do ABRAS (2011). Isso somente com grandes supermercados sendo que cada um desses edifícios tem sua característica própria, mesmo consumindo bastante energia, são poucos que se comprometem em melhorar o consumo energético.

Neste sentido, Gomazako (2007) analisou em vários aspectos o sistema elétrico de um Hipermercado com edificação antiga, na região de Campinas. Para o autor, o sistema de ar condicionado representava um acréscimo na demanda de energia de aproximadamente 60%. Neste caso, a troca por equipamentos mais modernos e eficientes seria inviável devido aos altos custos. Portanto, instalou-se um protótipo com sistema de automação incorporado aos equipamentos existentes, segundo o autor, sem grandes dificuldades de instalação, minimizando os custos operacionais. Esse procedimento demonstrou uma redução de cerca de 20% no consumo de energia elétrica no Hipermercado. O autor concluiu que apesar de existirem sistemas de ar condicionados ultrapassados e ineficientes, é possível aperfeiçoá-los com pequenas intervenções. Segundo ele, os dispositivos de automações podem trazer vantagens econômicas e operacionais que compensam os investimentos que se dilui rapidamente pela eficiência que proporcionam, porém sem a mesma eficiência dos equipamentos modernos.

Para Gomazako, de toda a energia consumida no setor comercial onde se enquadram os hotéis, shoppings centers, hipermercados, supermercados e outros de menor porte, desperdiçam-se aproximadamente 14%, ou seja, o equivalente a 5,8 bilhões de KWh. O autor afirma que os

sistemas elétricos que geralmente se encontram em construções comerciais de grande porte, com aproximadamente trinta anos de funcionamento, operam de maneira pouco eficiente, de acordo os parâmetros atuais. Principalmente em se tratando de sistemas de ar condicionado central.

Com intuito de colaborar com o meio ambiente e reduzir custos no consumo de energia, Panesi (2009) realizou uma pesquisas com equipamentos elétricos em ambientes de supermercado. O objetivo principal era analisar a matriz energética do supermercado e as oportunidades de redução do consumo de energia elétrica no uso final. Partiu do princípio de que os equipamentos precisam de manutenção correta e que devem estar dimensionados corretamente para o ambiente. Para isso, o autor empregou alguns métodos de trabalho e fez uma revisão minuciosa nos setores de condicionamento de ar, instalações elétricas. Concluiu que manutenções nos equipamentos de condicionadores de ar e na rede elétrica reduzem drasticamente o consumo de energia.

Segundo Panesi (2009) a maior parte do consumo de energia em um supermercado é com refrigeração, ar condicionado e iluminação. Para o autor, é de grande importância o controle de desses três fatores para a redução do consumo de energia. Os fatores que contribuem para os desperdícios, segundo Panesi (2009) são o subdimensionamento ou superdimensionamento dos equipamentos, edificação antiga, inexistência de controle automático, manutenção inadequada e funcionários despreparados para o gerenciamento de energia.

O perfil geral de consumo de energia em supermercados, segundo Panesi (2009) é de 29% da energia utilizada com ar condicionado, 26% com refrigeração, 20% com iluminação e 25% consumo com outros, figura 14.

A falta de estratégias de combate a esses desperdícios seriam uma das grandes barreiras a serem vencidas como também o interesse do estabelecimento varejista em aplicar tais ações. Segundo Panesi (2009) há um potencial de conservação de energia nos sistemas fluidos mecânicos, ou seja, bombas, ventiladores e compressores que pode chegar a 11,6 TWh/ano no Brasil nos setores industriais, comerciais/ serviços, agricultura, dentre outros.

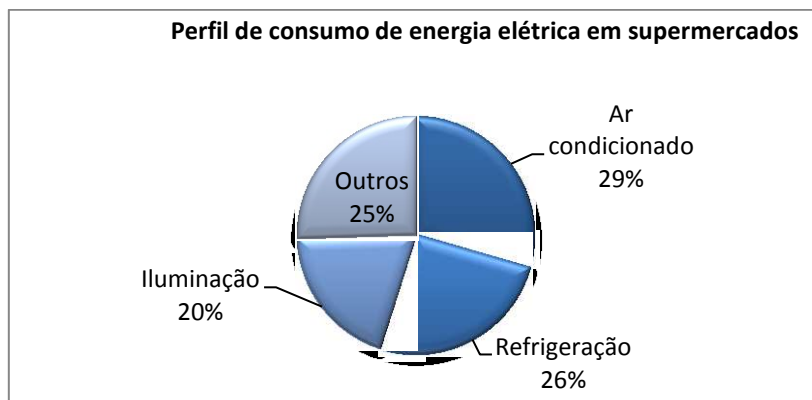


Fig. 13- Perfil de consumo de energia em edifícios de supermercado

Fonte: adaptado de Panesi (2009)

Mangiapelo, Francato e Andreasi (2011) compararam dois hipermercados com sistemas de iluminação artificial e natural em Campo Grande, MS. Eles afirmam que os sistemas de iluminação artificial tem uma participação de 22% no consumo total de energia elétrica nas edificações comerciais brasileiras. Segundo os autores, os hipermercados apresentam maiores potenciais instalados com sistemas de iluminação artificial. Os autores comparam dois ambientes de hipermercados com sistemas diferentes de iluminação, sendo um deles com iluminação artificial e o outro com aproveitamento de iluminação natural. Segundo os autores, seria possível reduzir o atual consumo de energia com iluminação em aproximadamente 40% somente com o uso de sistemas de automação na rotina de acionamento da iluminação. Os autores concluem que o uso de iluminação natural associada ao dimensionamento correto do conjunto de lâmpadas-luminárias-reatores e ainda o uso de sistemas automatizados oferecem grandes potenciais de economia de energia.

Alvarez (1998) propôs metodologia para determinação do potencial de conservação de energia elétrica de usos finais, aplicável em instalações comerciais em geral. Isto é, aplicáveis à iluminação, ar condicionado, microcomputadores dentre outros equipamentos elétricos. A metodologia utilizada foi baseada em estatística para análise de contas de energia elétrica e indicadores de uso de energia elétrica, úteis em diagnósticos energéticos.

Para o autor o método permite estimar o potencial de conservação de energia a partir da análise comparativa de seus índices, com os valores típicos obtidos em outros diagnósticos energéticos ou publicações especializadas.

O método prático foi aplicado na forma de estudo de caso na Cidade Universitária Armando Salles, ou seja, no maior campus da Universidade de São Paulo. Os resultados segundo o autor foi significativo apontando potencial de conservação de energia elétrica de 27% podendo chegar a 50% em algumas unidades.

Gomes et al (2010) analisaram as condições de trabalho de um ambiente de supermercado na cidade de Alegre no ES. Analisaram os postos de trabalho dos operadores de caixas. O ambiente foi caracterizado a partir de medições de luminância, ruído e conforto térmico. Concluíram que o nível de iluminância era inferior ao permitido, enquanto o índice de ruído se encontrava num nível aceitável para o ambiente. Com relação ao conforto térmico a média do IBUTG foi de 22,61⁰C, o que para os autores, foi considerado apto para aquele ambiente de trabalho.

O PROCEL com o apoio da Eletrobrás inserido no Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, com recursos doados pelo Global Environment Facility - e Banco Mundial- BIRD, elaborou uma pesquisa de mercado que gerou o Relatório Brasil - Supermercados/ Hipermercados. Este relatório se insere no Mercado de Eficiência Energética.

Teve como objetivo captar informações para formar novas e adequadas concepções do mercado de eficiência energética, e ainda do impacto do racionamento sobre os edifícios comerciais do ramo alimentício no país. Adicionalmente avaliar o efeito das ações do PROCEL sobre a busca pela eficiência no uso de energia elétrica. Para isso, caracterizaram de forma bem completa a utilização da energia no setor de supermercados e hipermercados no Brasil, de maneira que permitisse comparar os seus desempenhos energéticos e que avaliasse o potencial de melhoria existente no setor.

Essas avaliações foram realizadas diretamente em empresas de todo o país, cujo método utilizado foi através de seleção de concessionárias representativas, mediante procedimento de amostragem. Foram sorteadas as unidades com maior representatividade das classes consumidoras comerciais por atividade econômica e por grupo de tensão em cinco regiões. As regiões escolhidas foram; Norte, Nordeste, Sudeste, Sul, Centro-oeste, totalizando 182 unidades pesquisadas.

As unidades pesquisadas foram caracterizadas por tipos de consumidores, instalações e grupo de tensão. Ainda por percentual de consumidores, por tipo de instalação e faixa de demanda máxima (KW). Por percentual de consumidores por quantidade de empregados, percentual de consumidores por idade de instalação, percentual de consumidores por participação no custo de energia, dentre outros.

Dentre os inúmeros resultados da pesquisa dos conteúdos avaliados do Relatório Brasil-Supermercado/Hipermercado, alguns são descritos a seguir:

No gerenciamento energético das unidades pesquisadas, apenas 26% dos supermercados e 44% dos hipermercados indicam a existência de uma comissão interna de conservação de energia e ou de algum outro responsável para analisar o desempenho energético da instalação. Ao serem questionados sobre a realização de algum tipo de avaliação da utilização da energia na instalação, 62,6% dos supermercados e 66,7% dos hipermercados afirmaram realizar esta avaliação.

A melhoria da eficiência energética foi colocada entre as duas prioridades para a instalação de 62,6% dos supermercados e para o hipermercado 66,7% dos avaliados.

Segundo dados do relatório, ao serem questionados a respeito do retorno simples e razoável para implantação de projetos de eficiência energética, 18,8% dos supermercados e hipermercados entrevistados não souberam responder. Já 25,4% consideram até 6 meses. Enquanto outros 18,2% consideram até 1 ano como um tempo razoável de retorno.

Os principais sistemas de ar condicionados e ventilação existente nos supermercados pesquisados, segundo dados do relatório, são apresentados na figura 16.

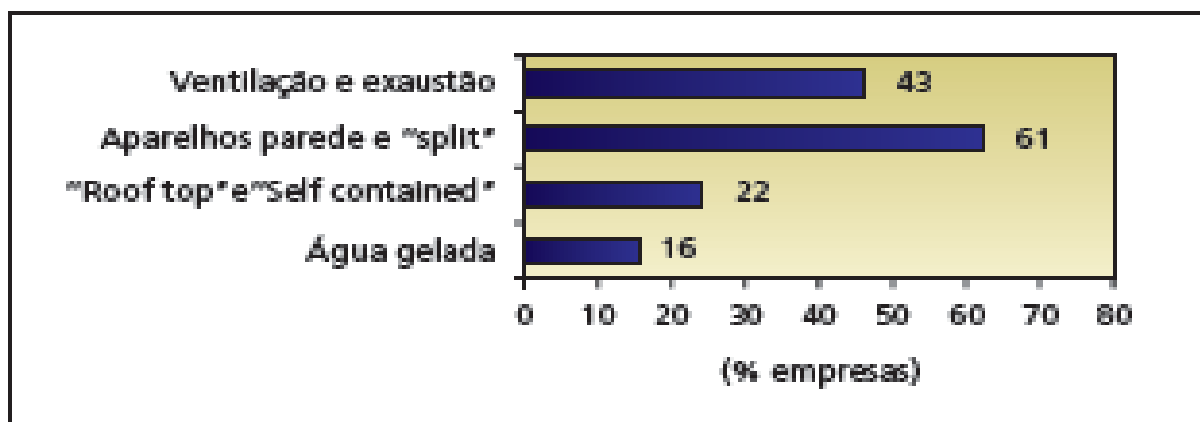


Fig. 14 - Gráfico do Percentual de empresas que dispõem de sistemas de ar condicionado e ou ventilação. Fonte: Procel (2012)

Os sistemas individuais de parede/split foram os mais utilizados nas instalações com aproximadamente 61%. Enquanto o sistema com água gelada para climatização 15,9% dos dois tipos pesquisados. Sendo que a participação da água gelada em relação à demanda máxima instalada é em média 13% dos supermercados e 68,9% dos hipermercados.

Dos supermercados e hipermercados pesquisados 28% declararam os sistemas de refrigeração. Do total pesquisado, 23,5% dos entrevistados fazem algum tipo de recuperação do calor gerado no processo de compressor, enquanto apenas 2 estabelecimentos informaram possuir sistemas de termoacumulação. Com relação à carga dos sistemas de refrigeração e a demanda máxima instalada, foi em média 20,6% para os supermercados e 7,6% para os hipermercados pesquisados.

Capítulo 3 – METODOLOGIA

3.1 DELIMITAÇÃO DO CAMPO DE PESQUISA

A presente pesquisa propôs o estudo do ambiente interno de um Supermercado de médio porte localizado em Barão Geraldo, distrito de Campinas, SP. A escolha desse estabelecimento para fins de pesquisa se deve ao fato de ser um edifício de uso público, com presença dos refrigeradores de alimentos influenciando a temperatura interna do edifício. Adicionalmente, as razões da escolha ficaram fortalecidas por ser um edifício razoavelmente novo, inaugurado em 2009, e ainda por ter sido construído numa época em que já se discutia sustentabilidade na construção civil.

A cidade de Campinas possui inúmeras edificações para fins de comércio de produtos alimentícios, muitos deles possuem altos consumos energéticos. Além disso, o nível de satisfação dos usuários com o ambiente não é conhecido devido à falta de dados deste tipo.



Figura 15- Imagem Aérea do Edifício do Supermercado.

Fonte: Google Earth

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA

A cidade de Campinas se localiza no interior do estado de São Paulo, a uma distância de aproximadamente 100 km da capital. A altitude é de 640 metros com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 22° 48 57'Sul, longitude 47°03' 33 Oeste, Cepagri (2011).

A população estimada é de aproximadamente 1.080.113 habitantes, IBGE (2011). Foi considerada a terceira cidade mais populosa de São Paulo em 2010 ficando atrás somente da capital e de Guarulhos.

Lamota e Labaki (2008) em estudos sobre o clima na cidade de Campinas consideraram o clima tropical continental, onde em períodos de verão as temperaturas máximas variam de 28,5°C e 30°C entre os meses de novembro e março. Já nos meses de inverno as temperaturas mínimas variam entre 11,3°C e 13,8°C entre os meses de junho e agosto. Chvatal, Labaki e Kowaltowski (1999), em estudos para caracterização climática para cidade de Campinas, afirmam que o período de inverno corresponde aos meses de junho, julho e agosto e o verão, aos meses de novembro a março. Segundo as autoras, as maiores amplitudes térmicas são registradas no período do inverno. O Cepagri (2011) classifica o clima da cidade entre os climas úmido e seco, apresentando variações ao longo do ano. Os meses de verão são classificados como chuvosos com temperaturas mais elevadas. Enquanto no inverno ocorre diminuição das chuvas, tornando-o seco sendo Julho o mês mais frio. Outono e primavera são estações de transição. A média anual da umidade relativa do ar é de 72,2% no período da manhã e 47,6% no período da tarde.

3.3 - CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE DE PESQUISA

O supermercado objeto de pesquisa se localiza em Barão Geraldo, distrito de Campinas, em um bairro predominantemente residencial. O edifício margeia uma estrada com grande fluxo de trânsito diário (Estrada da Rhodia), próximo de pequenos rios e área arborizada (figura 16). O horário de funcionamento é das sete horas da manhã até às vinte horas e trinta minutos.

As telhas utilizadas para cobertura no edifício são com revestimento termo-acústica em poliestireno. Na figura 17, encontra-se o layout geral da área térrea do supermercado.

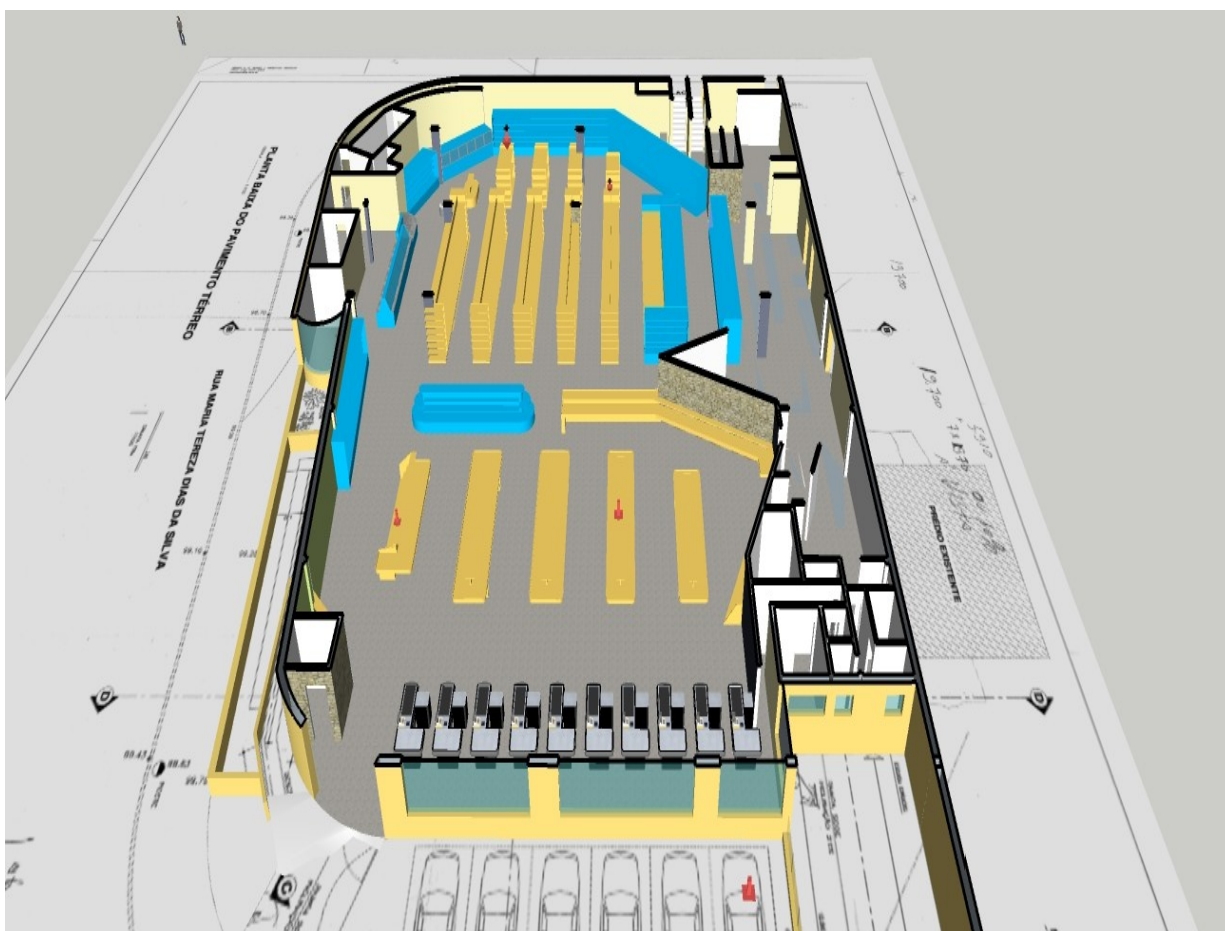


Figura 17- Distribuição da área interna do supermercado

Legenda da área de vendas do supermercado

- 1- Objetos azuis- Refrigeradores de alimentos
- 2- Objetos amarelos- Prateleiras com mercadorias
- 3- Objetos pretos- 10 caixas registradoras

Todas as prateleiras próximas aos caixas são reservadas a produtos hortifrutigranjeiros

O edifício possui generosas áreas envidraçadas de entrada de luz natural ao ambiente interno, porém, sem aberturas para entrada de fluxo de ar natural ao ambiente de vendas. Há uma grande abertura zenital com formato oval e vitral colorido, logo na entrada do supermercado, próximo aos caixas, conforme se vê na figura 18.

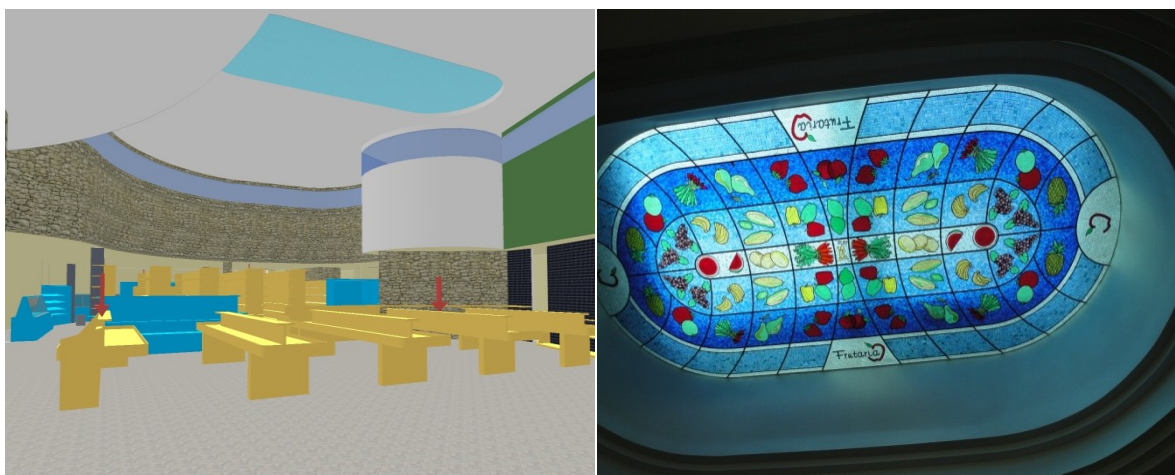


Figura 18- Perspectiva da abertura zenital com vitral colorido e foto do vitral.

Na figura, 19 encontra-se a distribuição da área interna de vendas cujos objetos azuis representam a distribuição dos equipamentos de refrigeração de alimentos. Os refrigeradores separam a área comercial da área de estoque e preparo dos produtos.



Figura 19- Perspectiva com a distribuição dos refrigeradores no ambiente de vendas

Utilizam-se neste edifício, os próprios equipamentos refrigeradores de alimentos distribuídos em locais estratégicos, para condicionamento do ambiente e promover maior nível de conforto térmico aos usuários do local. O intuito desse ato, é economizar energia elétrica. Porém, não existe comprovação de que esse é realmente um método econômico para essa finalidade.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o conforto térmico de ambientes internos do edifício e relacioná-lo ao consumo energético. Foram analisados os métodos utilizados para economizar energia elétrica e ainda o índice de conforto térmico dos usuários do ambiente.

A escolha do estabelecimento para fins de pesquisa se deve ao fato de ser um edifício de uso público, com presença dos refrigeradores de alimentos influenciando a temperatura do ar interna do edifício. Adicionalmente, as razões da escolha ficaram fortalecidas por ser um edifício razoavelmente novo, inaugurado em 2009, e ainda por ter sido construído numa época em que já se discutia sustentabilidade na construção civil. Na figura 20, há uma vista da fachada da área da entrada principal do supermercado.



Figura 20- Foto e detalhes da fachada do edifício do supermercado

O número de funcionários existentes no estabelecimento reforçou ainda mais escolha do edifício para pesquisa. São 129 usuários permanentes envolvidos no andamento funcional do supermercado diariamente. Segundo dados do relatório PROCEL/ Eletrobrás (2005) classifica-se

como supermercado de médio porte os estabelecimentos que possuem entre 101 e 500 funcionários.

3.4 PONTOS DE MEDIÇÃO

Foram selecionados seis pontos para medição das variáveis ambientais, sendo dois (2) deles na área externa e quatro (4) na área interna. O posicionamento dos pontos encontra-se em vermelho na figura 21.

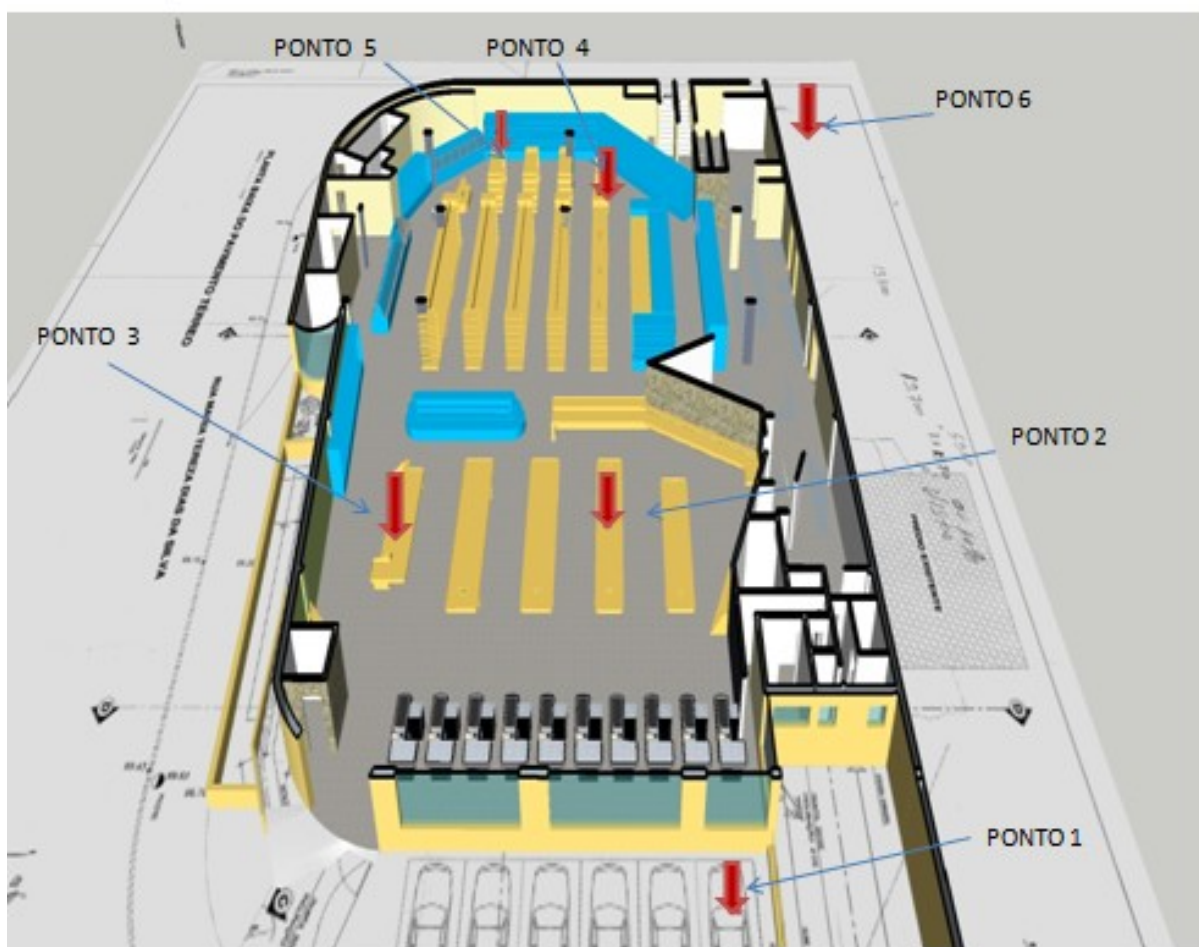


Figura 21- Posicionamento dos pontos de medição

PONTO 1: se encontrava posicionado na entrada do edifício, entre a entrada principal do ambiente de vendas e a entrada do estacionamento do subsolo, figura 22. Este estacionamento se localiza na área externa diretamente para rua. Ele possui uma cobertura de metal com tinta branca galvanizada.



Figura 22-PONTO 1- área externa

PONTO 2: foi posicionado embaixo de uma das maiores aberturas para entrada de iluminação natural no interior do edifício. Nesse local a incidência de radiação solar é bem maior pela presença do vidro.

Essa é uma área que requer alguns cuidados para um ambiente de supermercado, principalmente, em se tratando de alguns alimentos. Os detalhes do ponto 2 encontram-se nas figuras 23.



Figura 23 – PONTO 2 – Foto da entrada da área de vendas

Na figura 24, há os detalhes do PONTO 3, que foi posicionado logo na entrada da porta principal, com acesso diretamente à área externa da rua. Este é o único meio de entrada de fluxo ar externo para dentro da área comercial do edifício. As outras entradas existentes não acessam diretamente a parte externa. Além disso, as aberturas de entrada de luz são com vidros totalmente fechados e sem esquema para aberturas. Os equipamentos no Ponto 3 ficaram apoiados numa bancada de granito, a uma altura de 1,40m do solo.



No PONTO 4: os equipamentos ficaram mais elevados devido à falta de espaço adequado para apoiá-los, detalhes na figura 25. Os equipamentos foram organizados de maneira que não provocasse transtornos aos clientes, sendo uma das condições para o uso do local para pesquisa. Assim, nesse local foi colocado o equipamento mais elevado para não gerar transtornos aos clientes ao passar com os carrinhos e ainda garantir a integridade dos mesmos no local.



Figura 25 - PONTO 4 – Foto geral

PONTO 5: na figura 26 estão as imagens do ponto 5 que foi localizado bem próximo aos refrigeradores. Os equipamentos estavam apoiados sobre uma prateleira de metal a 1,40m de altura do piso.



Figura 26 – PONTO 5 - ÁREA DOS REFRIGERADORES

O PONTO 6 figura 27 se localizava na área externa à edificação, onde são descarregadas as mercadorias. Portanto, as pessoas que transitavam, com exceção do guarda que sempre estava no local, estavam geralmente carregando grandes embalagens. Os equipamentos nesse ponto ficavam fixados em um poste a 2,40m de altura.



Fig. 27- PONTO 6 – Foto da área externa de entrada de mercadorias

3.5 EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO

Foram montados seis conjuntos de equipamentos para medir as variáveis ambientais: quatro para medir as variáveis ambientais na área interna do edifício e dois para a área externa. Um dos conjuntos de equipamentos utilizado na área externa era móvel fixado em um tripé. Esse equipamento foi retirado todas as noites, portanto, para substituí-lo, foi utilizado uma estação meteorológica fixada em um poste, na área interna do terreno do edifício, fora do edifício onde são descarregadas as mercadorias. Nesse local foi possível levantar dados dos funcionários no momento das descargas das mercadorias. Esse equipamento foi fixado em um poste de energia em um local que pudesse permanecer no período noturno.

Os equipamentos na área interna foram colocados fixos sobre prateleira de granito e metal, obedecendo às recomendações da ISO 7726 (1998), para medições das variáveis ambientais com pessoas em pé, ou seja, que estes estejam a uma altura entre 0,1m a 1,7m. Nesse caso, os equipamentos permaneceram na altura de 1,40 cm do piso, com exceção dos

equipamentos do Ponto 4 que permaneceu a 1,7 m e no Ponto 6, onde os equipamentos também se encontravam mais elevados, numa altura de 2,40 metros, isso, devido à segurança dos mesmos.

Os dados coletados nas áreas externas (ponto 1 e ponto 6) foram utilizados como parâmetro base da temperatura externa.

Na figura 28, encontram-se as imagens de alguns dos equipamentos utilizados no levantamento de dados.

			
Anemômetro - Marca Testo -Modelo 405-V1 Velocidade do vento, m/s	Termômetro de Globo-Sensor Marca Testo-Modelo 175-T2 (<i>Tg</i> - temperatura de globo [°C])	Sensor da marca Testo Modelo 175-H1 - (<i>Tar</i> - temperatura do ar [°C] <i>Ur</i> - umidade relativa [%])	Registrador multifunção e sensor de esfera quente

Fig. 28 - Equipamentos de medição

A lista completa dos equipamentos utilizados na medição das variáveis ambientais bem como suas devidas precisões e faixa de medições, dentre outras informações relacionadas aos equipamentos, encontram-se na tabela 06.

Tabela 06- Equipamentos de Medição das Variáveis Ambientais

Nº	Equipamentos	Modelo/Marca	Precisão	Faixa de medição
6	Sensores de temperatura ambiente + globo, constituído pela bola de ping-pong oficial, pintada na cor cinza.	Sensores: 0613 1712/Testo	+/- 0,2°C	-50 a 150°C
6	Registrador de temperatura do ar e umidade relativa sendo quatro deles protegidos com cesto, permitindo a ventilação.	Registrador: 175-H1/Testo	Temp. ar-20 a 70°C Umidade 0 – 100% Temp. globo -40 a 120°C	+/- 5°C +/- 2% +/- 3°C
6	Registrador de temperatura de globo sendo dois protegidos por pratos permitindo a ventilação.	175 – T2/ Testo	+/- 3°C	Temp. globo -40 a 120°C
3	Registrador multifunção	445/Testo		
3	Sensor de esfera quente para medir a velocidade do ar	0635 1549/ Testo	+/- 0,03 m/s	0 a 10 m/s
1	Anemômetro digital fio quente	405 V1	±5 % de v.m. ±0.10 m/s (até 2 m/s); ±5% de v.m. ±0.3 m/s (mais de 2 m/s) ± 0.5 °C.	0 a 10 m/s de 0 a +50 °C
1	Estação meteorológica	SL200-II/ Solar		

3.6 QUESTIONÁRIOS

Simultaneamente às coletas dos dados microclimáticos, foram aplicados questionários com perguntas subjetivas em relação à sensação e à preferência térmica dos usuários no local estipulado anteriormente, conforme estabelecido por Fanger (1970).

Os participantes eram abordados aleatoriamente, informados sobre a pesquisa e convidados a participar, respondendo aos questionários, podendo aceitar ou não fazer parte desse levantamento.

Os questionários foram aplicados aos usuários no intervalo de duas horas, iniciando-se às 8 horas da manhã e encerrando-se às 18 horas, totalizando seis períodos diários de entrevistas.

No momento da entrevista foi anotado o tipo de atividade física desenvolvida pelo usuário, ou seja, se estava sentado trabalhando, sentado na lanchonete e qual a atividade do último momento se se encontrava: em pé (parado), trabalhando em pé, organizando mercadoria, empurrando carrinho, caminhando, em pé conversando, em pé com atividade

média (fazendo compras). Esses dados foram introduzidos no programa Conforto 2.03 (Ruas, 2002) para determinar a taxa metabólica (Met) dos usuários no momento em questão.

Nos questionários foram levantados os aspectos pessoais dos usuários, tais como sexo, idade, altura, peso, conforme exemplo da figura 29.

Questionário de Avaliação Térmica	
Data: __/__/__ Horário: _____ Ponto de Medição _____	
ATIVIDADE	
() sentado/lanchonete () sentado trabalhando () em pé (atividade leve) () em pé atividade média () empurrando carrinho () carregando mercadoria, organizando mercadoria, outros _____	
() caminhando () em pé conversando	
DADOS PESSOAIS	
Sexo: M () F () Peso: _____ Altura: ____ Idade: _____ anos	

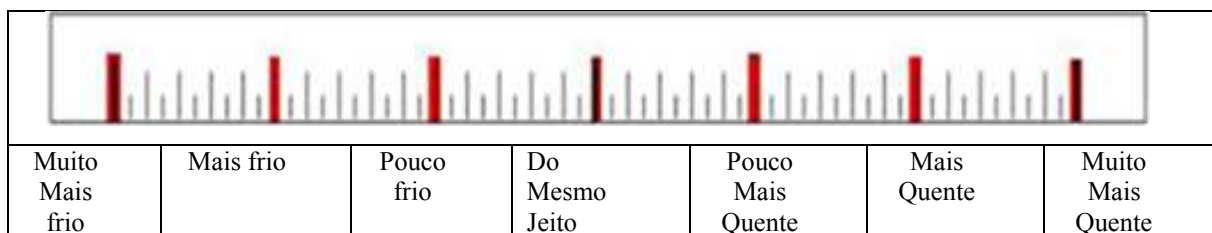
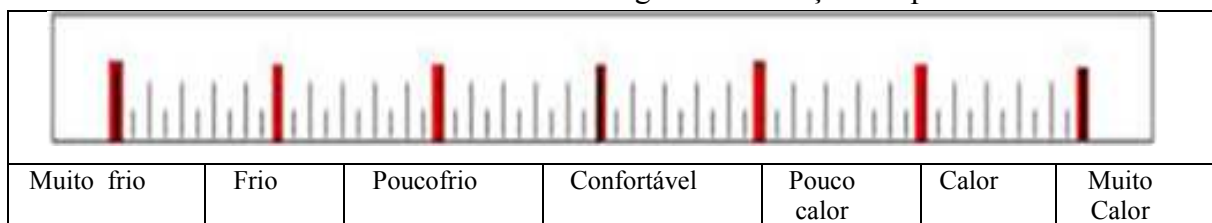
Figura 29- Características Pessoais

Para o levantamento dos dados da sensação e preferencia térmica dos usuários, foi utilizada uma régua, confeccionada de acordo com a escala dos sete pontos de Fanger (1970), conforme figura 31. Após a abordagem do indivíduo, era explicado o motivo da entrevista e como o candidato poderia preencher o formulário. O entrevistado marcava com uma linha vertical, posicionando-se na régua de acordo com a sua sensação e preferência térmica no momento em questão.

Na figura 30, há um exemplo do questionário aplicado aos usuários, sobre a sensação e preferência térmica.

Marque com um X em qualquer lugar da régua a sua sensação e sua preferência térmica no momento.

1- Como você está se sentindo agora com relação temperatura?



2-Como você preferia que estivesse a temperatura nesse momento?

Figura 30- Escala da Sensação e Preferência Térmica.

Os dados e as características das vestimentas dos usuários foram anotados e inseridos no programa computacional Conforto 2.03, para cálculo de seu isolamento térmico (clo), conforme figura 31.

VESTUÁRIO

() uso diário () de trabalho

() camiseta manga curta al () camiseta s/ manga al () camiseta regata () camiseta tecido sintético ()
camiseta pólo () camisa social/ m/longa () camisa social m/ curta

() bermuda curta () bermuda no joelho () calça jeans () calça tecido leve () terno

() vestido m/curta () vestido m/ longa () vestido até joelho () vestido abaixo joelho () saia longa () saia curta ()
shorts () calça t. comprida leve () calça jeans () jaqueta jeans () jaqueta tecido leve () blusa longa c/renda ()

() chinelo () sandália () sapato social () tênis e meia esporte () calçado camurça

() meias calça fina () meia calça grossa () meia ¾ outras: _____

() casaco (lã, couro, outro) () sobretudo () luvas, outros _____

Figura 31- Tipos de vestimenta

3.7 COLETA DE DADOS

Além das variáveis ambientais e pessoais, utilizadas para levantamento do conforto térmico no ambiente, foram levantados dados de consumo de energia e dos meios utilizados para obtenção de conforto térmico no supermercado. Portanto, a pesquisa foi dividida em duas partes, sendo a primeira parte direcionada aos estudos de conforto térmico e a segunda parte de consumo de energia.

Primeira parte - Conforto Térmico

As variáveis coletadas para este estudo de caso, são as variáveis que segundo Fanger (1970) são as determinantes no conforto térmico ambiental. São elas; temperatura do ar, velocidade do vento, temperatura de globo, umidade relativa do ar. Para este procedimento de medições das variáveis ambientais é recomendável que se utilize a norma ISO 7726 (1998), que especifica métodos e características mínimas para a adequação do levantamento dessas variáveis.

O levantamento de dados no edifício do supermercado foi realizado em duas épocas diferentes do ano, sendo; a) primeira etapa realizada no mês de maio de 2011, b) segunda etapa realizadas no mês de novembro de 2011.

a) Na primeira etapa as medições das variáveis ambientais e pessoais ocorreram entre os dias 9 e 13 de maio de 2011 sendo que nos dias 10, 11 e 12 foram coletados os dados pessoais através de questionários aplicados aos usuários.

As variáveis foram medidas no intervalo de quinze minutos ininterruptos, inclusive no período noturno. b) A segunda etapa do levantamento das variáveis ambientais e pessoais aconteceu entre os dias 21 e 25 do mês de novembro de 2011. Nos dias 22, 23 e 24 foram aplicados os questionários relacionados ao levantamento das variáveis pessoais dos usuários do estabelecimento seguindo os mesmos critérios da primeira etapa de levantamento de dados do mês de maio de 2011.

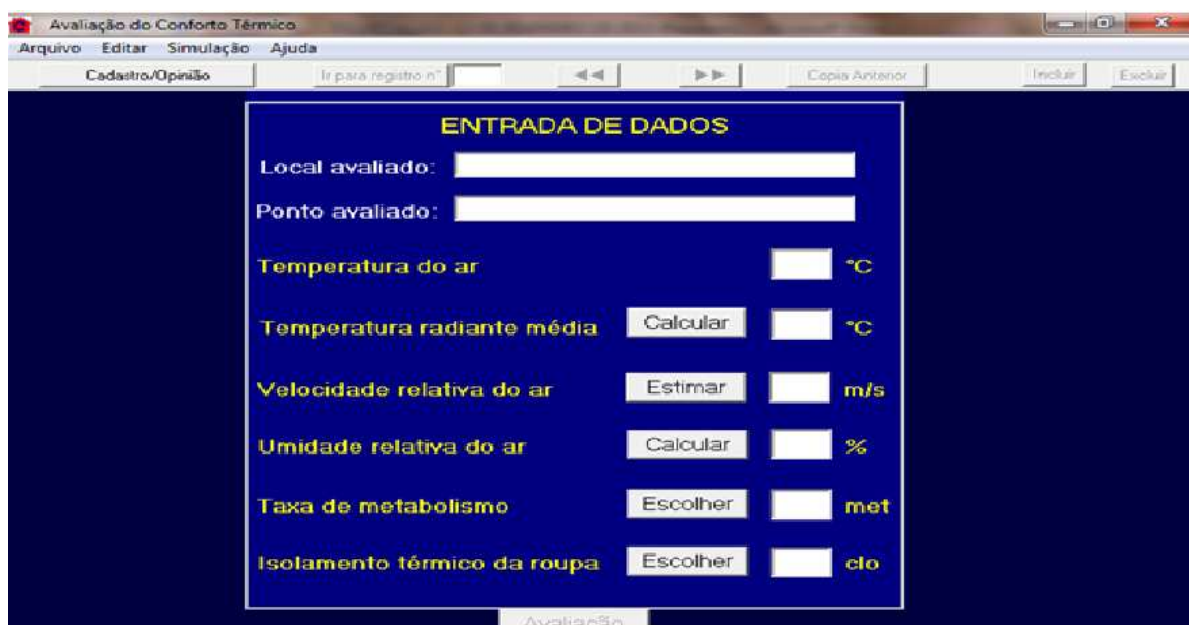
Segunda parte - Consumo de energia

Nessa etapa, foram coletados os dados dos dezessete refrigeradores de alimentos utilizados no supermercado. Foram caracterizados pela marca, tipos, potência, dentre outros, Foram fotografados as etiquetas e os equipamentos e ainda comparados com o contrato de fornecimento dos mesmos. Realizou-se o levantamento das contas de energia elétrica do período

de um ano, e do contrato de fornecimento de energia do supermercado com a empresa distribuidora local. Foram medidos o consumo de energia elétrica no intervalo de quinze minutos ininterruptos, no período de 26 de fevereiro de 2013 ao dia 09 de abril de 2013.

3.8 ANÁLISE DOS DADOS DE CONFORTO TÉRMICO

As análises dos dados foram realizadas com auxílio do programa computacional *Conforto 2.03* de Ruas (2002). O Software foi desenvolvido com base nas pesquisas de Fanger(1970) e na ISO 7730 (1994). Este programa é capaz de calcular a temperatura radiante média (temperatura de globo, T_g), taxa de isolamento térmico da roupa, taxa de metabolismo, conforme exemplo da interface da figura 32.



The screenshot displays the 'Avaliação do Conforto Térmico' (Thermal Comfort Assessment) software window. The title bar includes 'Arquivo', 'Editar', 'Simulação', and 'Ajuda'. Below the title bar is a menu bar with 'Cadastro/Opinião', a field for 'Ir para registro nº', and navigation buttons. The main window has a dark blue background with a central white box titled 'ENTRADA DE DADOS'. Inside this box, there are several input fields and buttons: 'Local avaliado:' (Location assessed:), 'Ponto avaliado:' (Point assessed:), 'Temperatura do ar' (Air temperature) with a '°C' unit, 'Temperatura radiante média' (Mean radiant temperature) with a 'Calcular' button and a '°C' unit, 'Velocidade relativa do ar' (Relative air velocity) with an 'Estimar' button and a 'm/s' unit, 'Umidade relativa do ar' (Relative humidity) with a 'Calcular' button and a '%' unit, 'Taxa de metabolismo' (Metabolic rate) with an 'Escolher' button and a 'met' unit, and 'Isolamento térmico da roupa' (Clothing insulation) with an 'Escolher' button and a 'clo' unit. At the bottom of the window, there is a button labeled 'Avaliação'.

Fig.32- Interface de entrada de dados do Programa Conforto 2.03

(Fonte: Programa Conforto 2.03, Ruas (2002))

O programa Conforto 2.03 utilizado permite também a simulação de intervenções nos ambientes em fase de projeto ou pós- ocupação. Podendo, então colaborar no processo de tomada de decisão para melhoria da sensação térmica, principalmente nos ambientes de trabalho.

Os dados coletados no supermercado, além de serem analisados pelo programa citado anteriormente, foram analisados através de métodos estatísticos e demonstrados com o auxílio de gráficos e tabelas. Na figura 33, há um exemplo da interface do programa Conforto 2.03 utilizado para calcular o isolamento térmico da vestimenta.

Calçados, Meias, Roupas de baixo

Jaquetas, Paletós e Casacos

Roupas de proteção

Vestidos e Saias

Calças, Macacões, Jardineiras e Shorts

Camisas, Camisetas e Blusas

Suéteres e Coletes

Calças

	Fabricação	Massa (g)	lcl (clo)
☐ calça folgada	al	513	0,22
☐ calça folgada	50% lã, 50% pe	459	0,28
☐ calça justa	80% lã, 20% ny	433	0,22
☐ calça justa	al	640	0,26
☐ calça justa	al	446	0,18
☐ calça justa	50% lã, 50% pe	404	0,24
☐ calça de trabalho	al	832	0,24

Jardineiras/Macacões

	Fabricação	Massa (g)	lcl (clo)
☐ jardineira	65% pe, 35% al	755	0,24
☐ jardineira	65% pe, 35% al	854	0,30
☐ jardineira	al	910	0,28
☐ macacão, manga longa	al	1260	0,52
☐ macacão, manga longa	65% pe, 35% al	1140	0,49
☐ macacão, manga longa	al	995	0,49
☐ macacão feminino, manga longa	al	891	0,46
☐ macacão feminino, manga longa	al	1331	0,49

Bermudas/Shorts

	Fabricação	Massa (g)	lcl (clo)
☐ bermuda até o joelho	al	195	0,11
☐ bermuda até o joelho	50% lã, 50% pe	251	0,17
☐ short	al	164	0,06

Abreviações:

ac - acrílico
al - algodão
pa - poliamida
pe - poliéster
ny - nylon
vis - viscose

Itens escolhidos:

camiseta com manga curta

meia 3/4

tenis lona, sola leve

cueca

TOTAL

0,08

0,03

0,02

0,04

0,17

Transferir

Volter

Fig. 33- Interface de entrada de dados para isolamento térmico da roupa.

Fonte: Programa Conforto 2.03, Ruas (2002)

É possível avaliar o índice dos Votos Médios Estimados (VME) e a Porcentagem de Insatisfeitos (PEI) com o programa Conforto 2.03, conforme normas da ISO 7730 (1994) e da American Society of Heating Refrigeration and Air Conditions (ASHRAE). Este programa é também usado em outras aplicações como ferramenta para estimativa “instantânea” da sensação

térmica e preferência térmica em pesquisas sobre conforto térmico, conforme exemplo na figura 34.

Cadastro/Opinião

Função:

Sexo: ☐ **Feminino** ☐ **Masculino**

Idade: **anos** **Peso:** **kg** **Altura:** **m**

Incluir Cadastro **Voltar**

Sensação térmica

- ☐ Muito calor
- ☐ Calor
- ☐ Leve calor
- ☐ Neutro
- ☐ Leve frio
- ☐ Frio
- ☐ Muito frio

Preferência térmica

- ☐ Muito mais frio
- ☐ Mais frio
- ☐ Pouco mais Frio
- ☐ Sem alteração
- ☐ Pouco mais quente
- ☐ Mais quente
- ☐ Muito mais quente

Fig. 34- Interface de entrada de dados de cadastro de opinião

Fonte: Programa Conforto 2.03, Ruas (2002)

Para análise dos dados pessoais, foi elaborada uma tabela de atividades sugeridas para avaliação da taxa metabólica dos usuários no ambiente do supermercado. Ela foi elaborada através dos dados do programa Conforto 2.03, que obedece às normas da ISO7730, conforme tabela 07.

Tabela 07- Atividades sugeridas pelo Programa Conforto 2.03

Tabela de atividades	met (taxa metabólica)
Sentado conversando	1,0
(atividade média)/ andando, Em pé – organizando mercadoria/ repondo estoque, empurrando carrinho cheio. (pesado)	1,6
Limpando a casa / limpando o supermercado	2,6
Andando em superfície plana 2 km/h sem carga	1,9
Andando em superfície plana 4 km/h com carga 10 kg/ ou de vagar - carregando caixas acima de 30 kg de mercadorias.	3,2
Conversando (parado) Empurrando carrinho/ Em pé, sem esforço/ Fazendo compras. (carrinho leve)	1,2

Devido à particularidade de cada ambiente e tipo de usuário, os dados obtidos foram analisados separadamente por pontos, conforme descrito no item 3.4. Portanto, foram separados por atividades, sendo que os funcionários foram considerados os usuários permanentes do local e os clientes, considerados usuários passageiros. As análises de ambas foram feitas considerando o sexo dos indivíduos.

3.9 Análise do Consumo de Energia Elétrica

As análises do consumo de energia foram realizadas através de estudos estatísticos dos dados levantados do supermercado *in-loco*.

Os dados de temperatura dos termostatos dos refrigeradores de alimentos foram coletados e analisados comparando com outro supermercado utilizado como referência. No entanto, não foram utilizados esses dados devido às discrepâncias nas informações dos termostatos do supermercado referência.

Também foram investigados os dados de consumo de energia elétrica indicados pelos fabricantes dos equipamentos refrigeradores de alimentos. Foram analisadas as contas de energia elétrica no período de um ano. Finalmente, de forma qualitativa, os dados de consumo energético foram utilizados para melhor interpretar a pesquisa de conforto térmico com os usuários do supermercado.

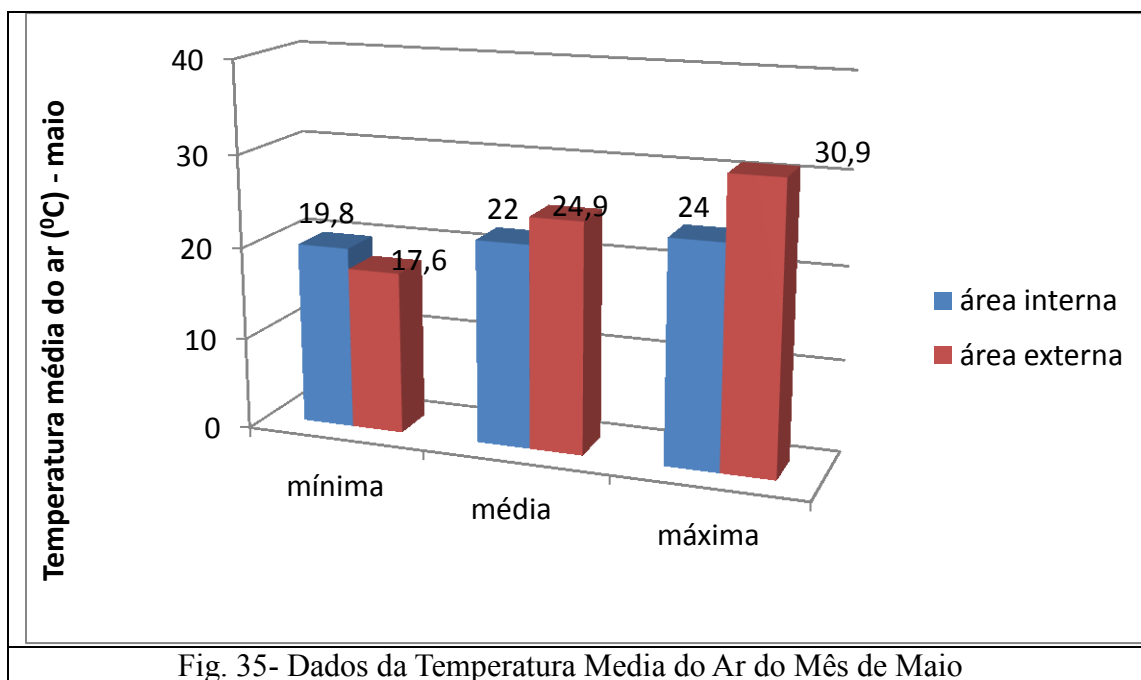
CAPÍTULO 4: RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ANÁLISE DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS

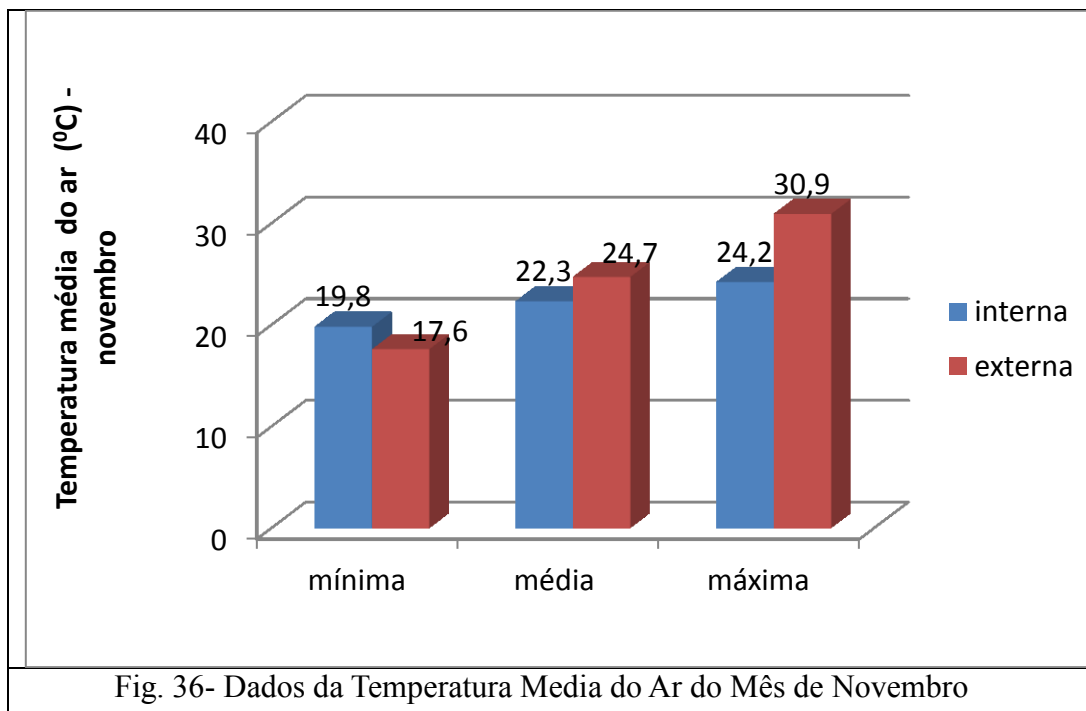
Para análise real da situação dos ambientes do supermercado, foram analisadas as variáveis ambientais de quatro pontos internos e dois pontos na área externa conforme dito anteriormente no item 3.4. Os dados dos pontos 1 e 6 da área externa foram utilizados como referência para o ambiente interno.

4.1.1 TEMPERATURA DO AR

Na área externa, a temperatura média do ar em ambos os períodos de medição variou desde a mínima de $19,8^{\circ}\text{C}$ até a máxima de $30,9^{\circ}\text{C}$, tanto no mês de maio quanto em novembro de 2011. Já na área interna variou de $17,6^{\circ}\text{C}$ a $24,2^{\circ}\text{C}$, também em ambos os meses de medição, figura 35.



De acordo com os dados da figura 35 que contém os dados da temperatura do ar do mês de maio e figura 36 com dados do mês de novembro. Nas duas etapas de medição houve pequenas variações nas temperaturas médias do ar, tanto na área externa, quanto na área interna.



É interessante ressaltar que no período de medição do mês de novembro, houve uma mudança climática com presença de nebulosidade, mas sem chuvas, após a fixação dos instrumentos no supermercado. Mesmo assim, optou-se por continuar o levantamento das variáveis ambientais, uma vez que se tratava de área interna à edificação.

4.1.2 VELOCIDADE MÉDIA DE VENTO

A velocidade de ar na área interna é muito baixa conforme se pode ver na figura 37. Na área interna do edifício, principalmente, nos fundos onde se localizavam os pontos 4 e 5, a velocidade do ar é praticamente nula.

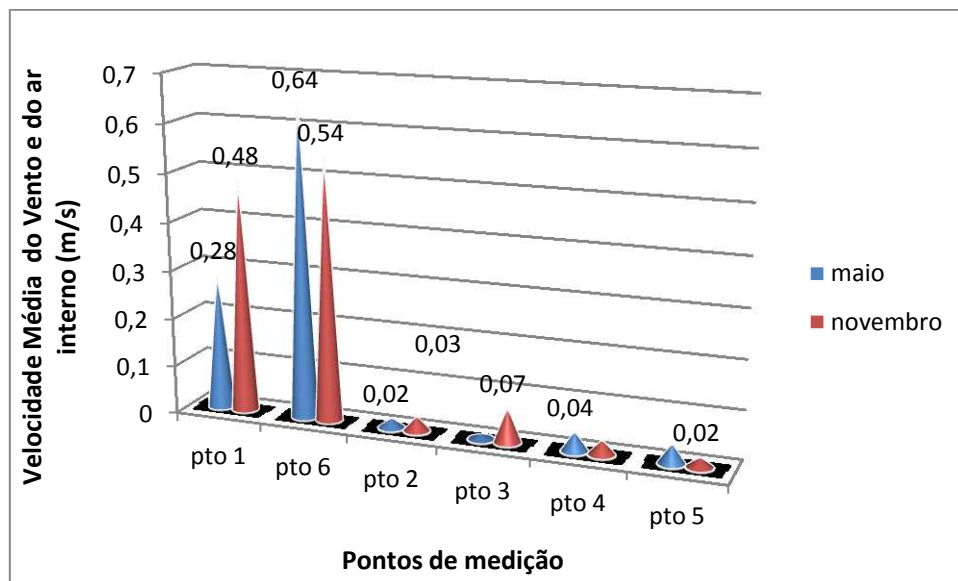


Figura 37- Velocidade Média do Vento em todos os Pontos

No mês de maio, período em que foram medidas as variáveis climáticas, as velocidades do vento nos Pontos 1 e 6 se mostraram mais elevadas no final da tarde, em todos os dias de medição. Isso se deve ao fato desses pontos se encontrarem na área externa. No ponto 6, a velocidade média do vento mais elevada chegou a atingir 0,64 m/s. Embora o ponto 1 também estivesse posicionado na área externa, ele apresentou velocidade do vento menos intensa que o ponto 6. Isso pode ser devido ao fato do ponto 1 se encontrar localizado embaixo de uma cobertura.

O Ponto 2 se localizava embaixo da abertura zenital com vidros coloridos e não tinha influência de fluxo de ar. Portanto, o fluxo de ar nesse ponto foi bem baixo. Já o ponto 3 se localizava bem em frente à porta principal de entrada do edifício. Esta é a única abertura com entrada de fluxo de vento natural para o ambiente interno da área de vendas. No ponto 3, a velocidade média do ar mais elevada foi 0,07 m/s, enquanto no ponto 2, a maior velocidade registrada foi 0,03m/s.

O Ponto 5 se mostrou com velocidade bem mais baixa que nos outros pontos da área interna. No entanto, no dia 12/05, a velocidade do ar se encontrava um pouco mais elevada nesse local. Nesse dia, foram ligados ventiladores na entrada do edifício direcionados aos operadores de caixas, o que pode ter influenciado na velocidade do ar no momento da medição.

4.1.3 UMIDADE RELATIVA DO AR

A umidade do ar se mostrou mais elevada no período da manhã nas áreas externas, nos Pontos 1 e 6. No mês de maio a umidade relativa do ar variou aproximadamente de 74,5% no ponto 1 a 99,9% no ponto 6, ambos na área externa. Já nos outros pontos na área interna a variação da umidade relativa foi pequena, variando de 72,7% a 75% . No dia 11/05 a mais baixa umidade medida também foi no Ponto 1, com mínima 55% , conforme figura 38.

A maior umidade relativa registrada foi no ponto 6, aonde chegou a 99,9% nos três dias de medições. O ponto 6 ficava aproximadamente a 200 metros de uma área de mata natural e de um grande espaço que está sendo reflorestado artificialmente pela prefeitura e por um morador da área, o que pode explicar o valor próximo à saturação.

Os outros Pontos 2, 3, 4 e 5, na área interna ao edifício do Supermercado apresentaram umidade relativa bem mais baixa que na área externa. Na área interna, o local mais úmido foi o Ponto 5. Isso pode ser explicado pela presença de um grande número de alimentos congelados em refrigeradores abertos no local.

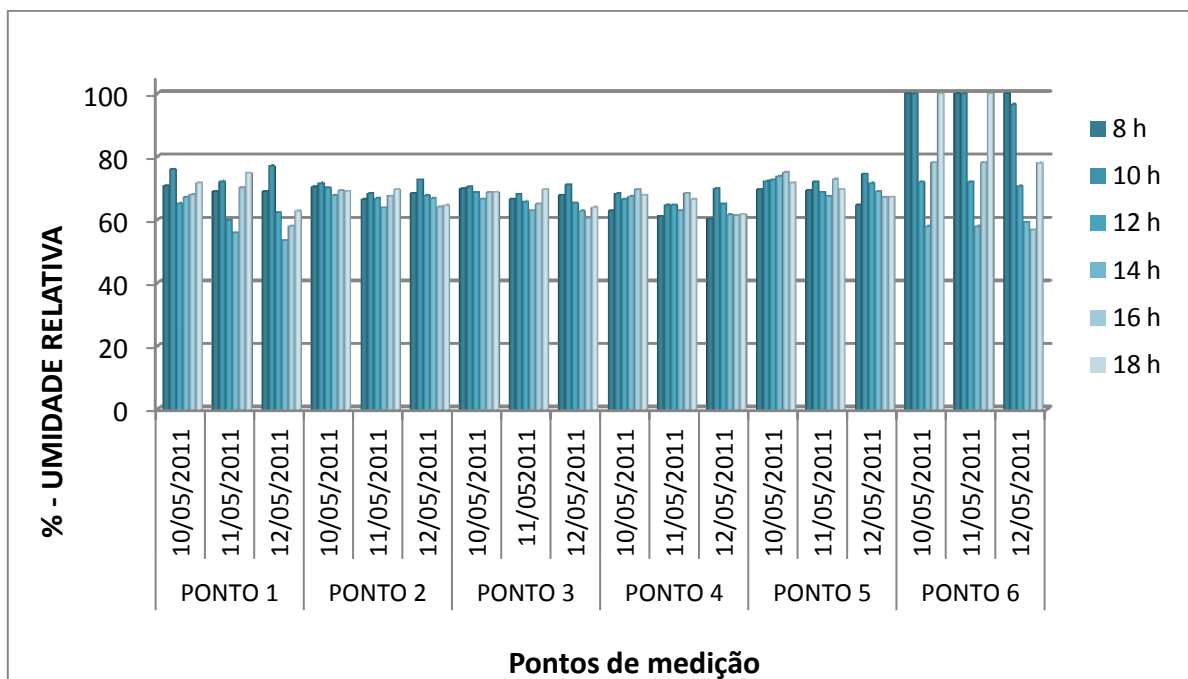


Fig. 38 – Umidade Relativa do Ar no mês de Maio

No mês de novembro, conforme indicado na figura 39, houve muitas variações na umidade relativa. Interessante notar que nesse período o ponto 6 se encontrava com umidade menor se comparado com o mês de maio. Nessa segunda etapa de medição, o ponto 4 se mostrou com umidade bem mais elevada, também próximo à saturação, (99,9%), como no ponto externo.

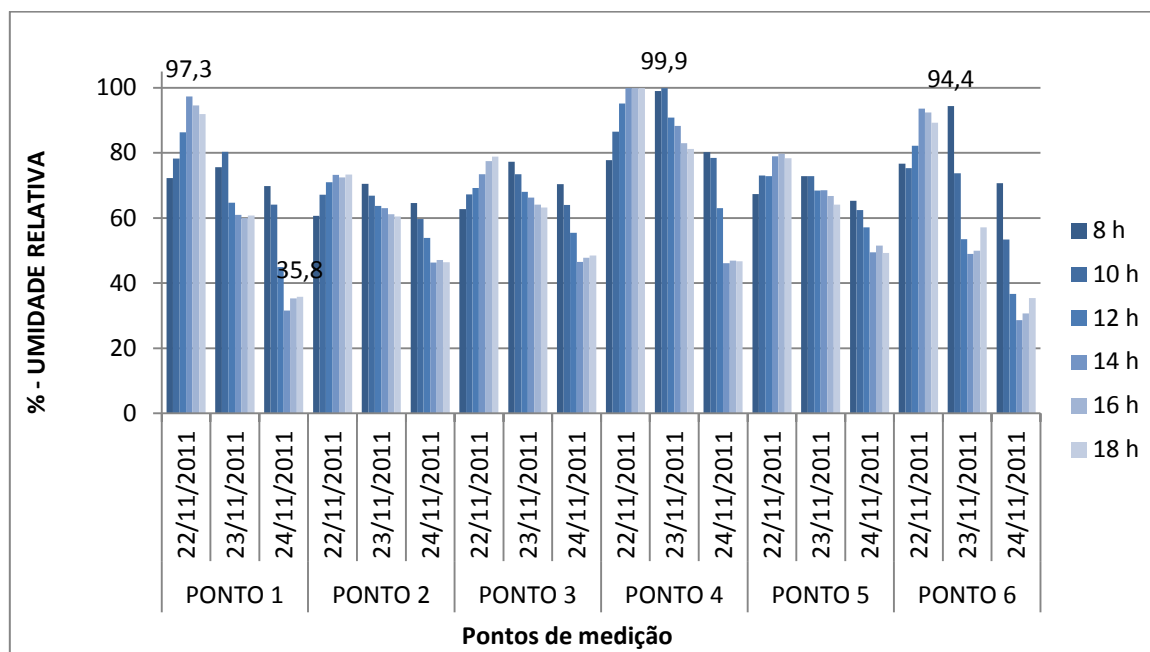


Fig. 39 -Umidade Relativa do Ar no mês de Novembro

4.2 ANÁLISES DOS DADOS PESSOAIS

4.2.1 Caracterização dos Usuários

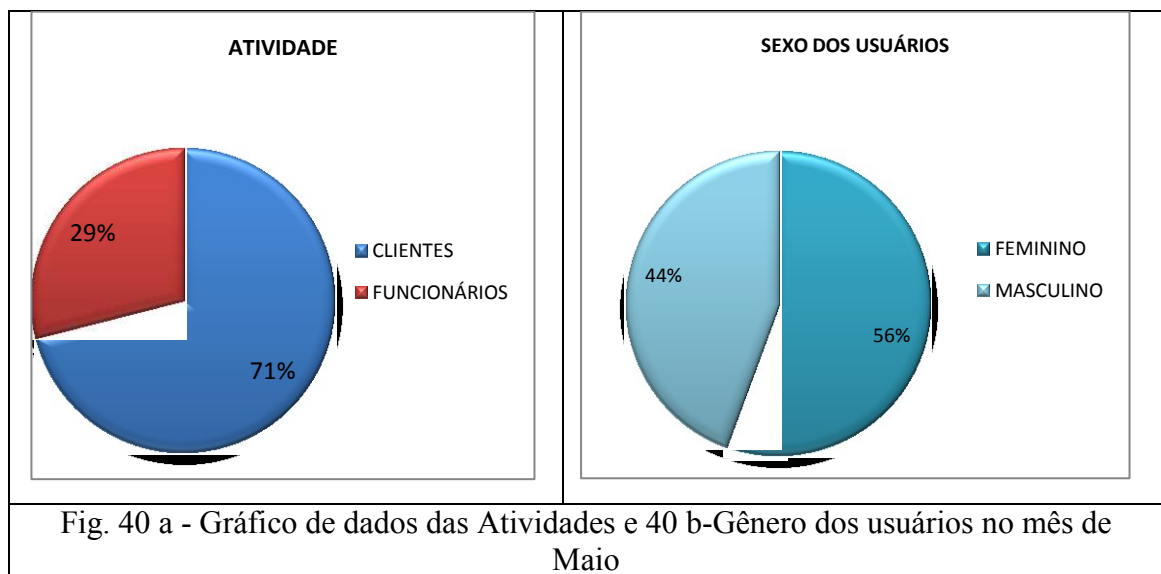
Para esta pesquisa foram entrevistadas 823 pessoas nas duas etapas de medição. Deste total, 45% foram entrevistadas no mês de maio e 55% no mês de novembro. A seguir a tabela 08 mostra o número de pessoas entrevistadas e a distribuição das entrevistas.

Tabela 08-Dados da Distribuição dos Entrevistados

	Número de Entrevistados no Mês de Maio, 2011	Número de Entrevistados no Mês de Novembro, 2011	Total Geral
Área externa	109	146	255
Área interna	263	305	568
Total de entrevistados	372	451	823

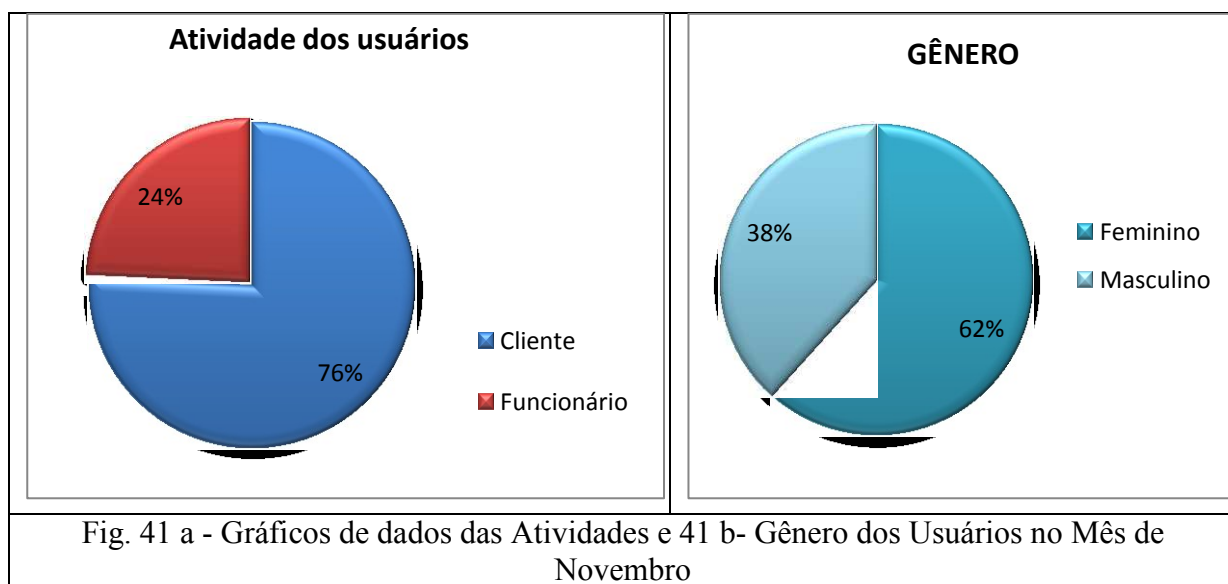
Na área interna do ambiente de vendas foram entrevistadas 568 pessoas, representando 46% no mês de maio e 54% em novembro. Nas áreas externas próximas às entradas, foram entrevistadas 255 pessoas, sendo 109 delas no mês de maio, e 146 em novembro.

De acordo com os dados da figura 40a, do perfil dos usuários entrevistados no mês de maio mostra que 56% dos entrevistados são do sexo feminino, com idade média de 43 anos, enquanto 44% são masculinos, figura 40 b, com idade média de 38 anos. Das 372 pessoas entrevistadas no mês de maio, 29% eram funcionários do supermercado enquanto 71% eram clientes, figura 40 a.



Em novembro (figura 41a e 41b), 62% dos usuários entrevistados no ambiente interno eram do sexo feminino, com idade média de 41 anos, enquanto 38% eram masculinos com idade média de 30 anos.

O percentual de clientes mulheres no mês de novembro aumentou com relação à primeira etapa do mês de maio, enquanto o percentual de funcionários entrevistados diminuiu, conforme figura 41 a. Esse fato se deve à grande movimentação de clientes, que consequentemente acarreta maior fluxo de trabalho aos funcionários.



A idade média dos funcionários variou de 20 a 45 anos para mulheres, e de 17 a 55 anos, para os homens.

4.2. 2 Distribuição média da Frequência do Isolamento Térmico da Roup (clo)

A figura 42, que apresenta a distribuição geral média da frequência dos isolamentos térmicos das roupas dos usuários do supermercado no período de medição, mostra que o isolamento térmico no mês de maio foi mais distribuído que na segunda etapa de coleta de dados.

Ao analisar o isolamento térmico nas duas etapas de medição, nota-se que o maior índice registrado, de 33%, foi entre 0,50 a 0,59 clo no mês de maio. Já no mês de novembro, o maior índice é 48% para isolamento na faixa de 0,30 a 0,39 clo.

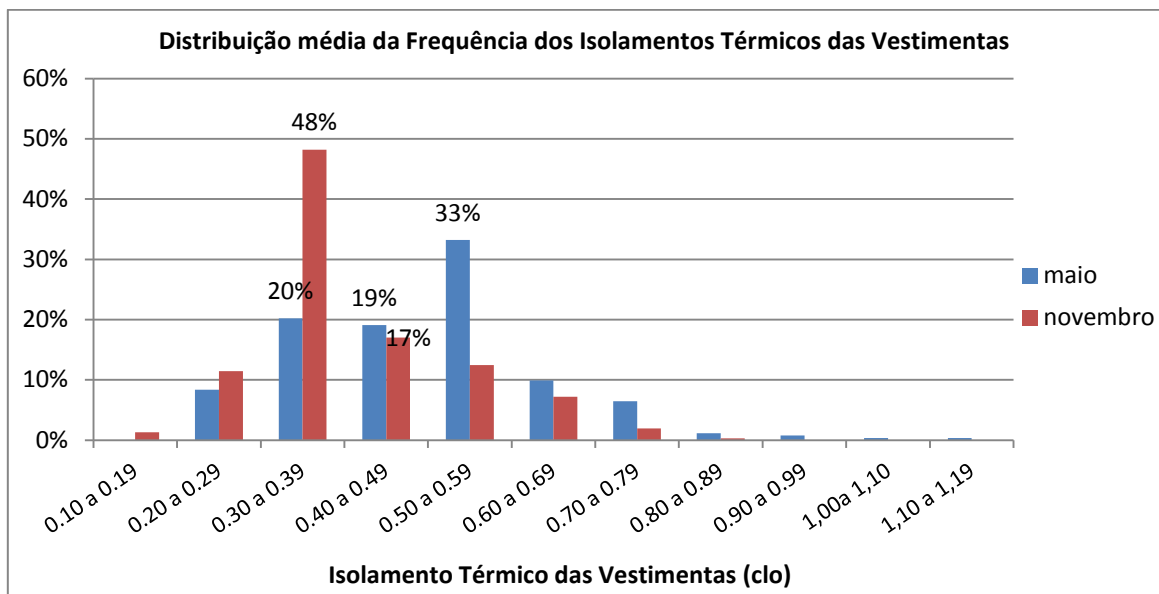


Fig. 42 – Gráfico de Dados da Distribuição Média da Frequência dos Isolamentos Térmicos das Roupas

4.2.3 Isolamento Térmico das Vestimentas Femininas-clo

Ao analisar a figura 43, com a frequência de isolamento térmico das vestimentas por tipo de usuários, observa-se que 60% dos usuários clientes femininos (usuários passageiros) usam roupas com isolamentos entre 0,30 e 0,39 clo, enquanto 42% dos usuários funcionários do sexo feminino (com utilização permanente) utilizavam vestimentas no mesmo intervalo de isolamento térmico, entre 0,30 a 0,39 clo. Conforme mostra a figura 43, funcionários femininos concentram a o isolamento térmico entre 0,30 e 0,59 clo, enquanto os clientes variam entre 0,10 e 0,79.

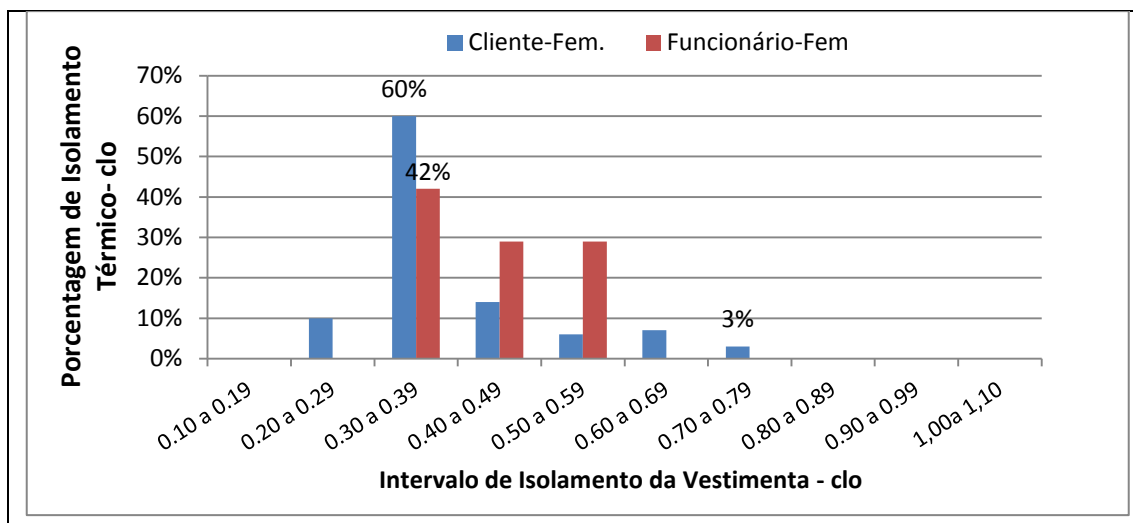


Fig. 43- Gráfico dos dados de Intervalo de Isolamento Térmico das Roupas dos Usuários Femininos

4.2.4 Isolamento térmico das vestimentas masculinas-clo

Nos usuários masculinos o isolamento térmico da vestimenta dos clientes varia de 0,20 a 0,69 clo. O maior valor registrado foi para os funcionários, com 43% para isolamento de 0,30 a 0,39 clo e 38% para o mesmo intervalo de isolamento térmico para os clientes (figura 44). A frequência de isolamento térmico dos usuários masculinos é mais distribuída comparando com as usuárias femininas.

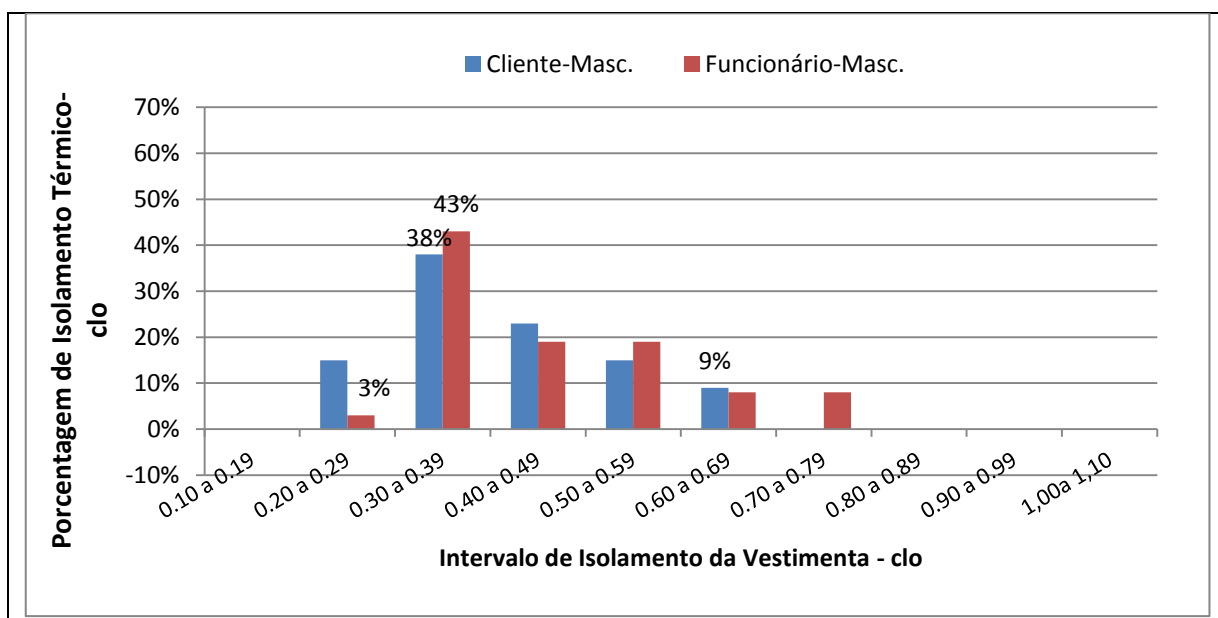


Figura 44- Gráfico de dados de Intervalo de isolamento térmico das roupas dos usuários masculinos

4.2.5 Taxa Metabólica (met)

A maior porcentagem, 76%, foi registrada na taxa metabólica de 1,2 (met) no mês de maio. As atividades com esse índice são com usuários conversando (parados), fazendo compras e empurrando carrinhos leves, sem necessidade de muito esforço.

No mês de novembro esse índice de 1,2 met sofreu uma ligeira alteração, caindo para 48% ou seja, 28% menor que em maio. Entretanto, o índice com atividade média e taxa metabólica de 1,6 com pessoas andando, organizando mercadoria ou repondo estoques, aumentou 20% com relação à primeira etapa de medição, figura 45.

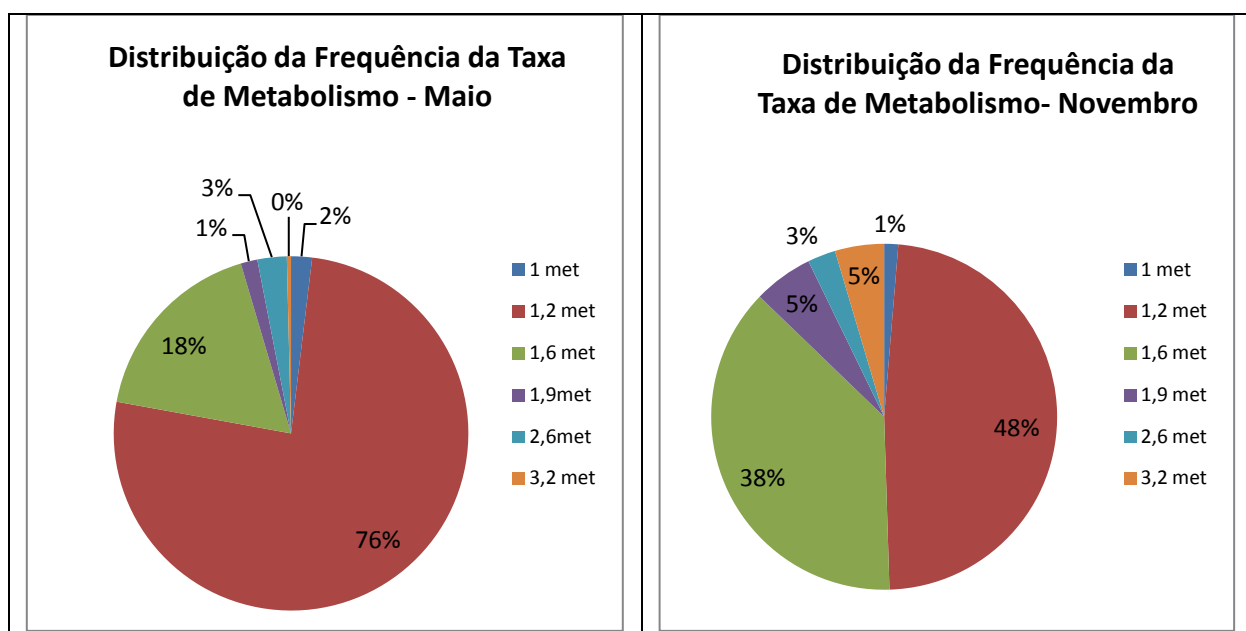


Figura 45- Distribuição da frequência da taxa de metabolismo nas duas etapas de coleta de dados.

4.3 PEI – PORCENTAGEM ESTIMADA DE INSATISFAÇÃO E VME - VOTO MÉDIO ESTIMADO DOS MESES DE MAIO E NOVEMBRO DE 2011

Os resultados da (%) de PEI e do VME obtidos encontram-se nas tabelas 10 e 11 para o mês de maio e tabelas 12 e 13 para o mês de novembro.

4.3.1 PEI- Porcentagem Estimada de Insatisfação do Mês de Maio de 2011

Os dados da tabela 09 indicam grande variação dos valores máximos de PEI entre os pontos de medição, com o Ponto 2 registrando a terceira maior porcentagem de insatisfeitos, sendo 81% dos insatisfeitos clientes femininos.

No ponto 3 o PEI foi de 82% para as clientes do gênero femininos. No ponto 4, o máximo PEI calculado 58%, foi com clientes do gênero feminino.

No ponto 5 o índice chegou a 100% de insatisfação, com os clientes femininos no mês de maio. A razão para esta grande porcentagem se deve à localização desse ponto, próximo ao refrigerador de alimentos. Tal variabilidade mecanicamente forçada também explica o maior desvio padrão de PEI observado no Ponto 5.

No ponto 2 e no ponto 5, há assimetria de radiação, na região dos joelhos, a temperatura é de aproximadamente 1,5 °C mais baixa que na altura dos ombros. Excluindo-se o Ponto 5, os demais pontos apresentam valores médios mais homogêneos de PEI, oscilando entre médias de 9,6% (Ponto 2) a 29,3% (Ponto). O valor mínimo para todos os pontos variou de 5% a 12%. Quanto aos valores máximos, o Ponto 5, (área próximo aos refrigeradores) registrou o maior (PEI) 100% com clientes femininos e 64% com funcionários masculinos.

Tabela 09 - % PEI- Porcentagem Estimada de Insatisfação para o mês de maio

PEI (%)								
ÁREA	ÁREA INTERNA FRENTE							
PONTO	2				3			
ATIVIDADE	FUNCIONÁRIOS		CLIENTES		FUNCIONÁRIOS		CLIENTES	
SEXO	FEM.	MASC.	FEM.	MASC.	FEM.	MASC.	FEM.	MASC.
TOTAL	5	9	42	19	15	24	16	22
MÍNIMO	5	7	5	5	5	5	5	5
MÉDIA	21,8	9,6	16,2	22,2	10,5	17,1	17,5	16,3
MÁXIMO	76	14	49	81	30	59	82	74
DESVPAD	25,9	2,7	12,2	24,3	7,1	13,3	20,5	17,4

PEI (%)								
ÁREA	ÁREA INTERNA FUNDO							
PONTO	4				5			
ATIVIDADE	FUNCIONÁRIOS		CLIENTES		FUNCIONÁRIOS		CLIENTES	
SEXO	FEM.	MASC.	FEM.	MASC.	FEM.	MASC.	FEM.	MASC.
TOTAL	5	9	24	9	0	7	33	10
MÍNIMO	6	5	5	5	12	5	5	5
MÉDIA	27,2	14,3	12	11,2	18	22,8	29,3	17
MÁXIMO	58	56	53	36	28	64	100	68
DESVPAD	28,1	16,1	10,9	10,8	8,7	20,7	38,7	21,2

4.3.2 VME - VOTO MÉDIO ESTIMADO NO MÊS DE MAIO

A tabela 10 mostra os valores obtidos para o VME no mês de maio. Observa-se que, na média do VME, a grande maioria estava sentindo frio. A média do VME mínimo variou entre - 0,69 no (Ponto 2) a -2,49 no (Ponto 5). A menor taxa da média do VME médio registrado foi - 0,04 no ponto 5, e a maior taxa média da taxa média registrada foi no ponto 4, com o valor - 0,84. O máximo da taxa média do VME registrado foi 1,41 no Ponto 2, e 0,96 no Ponto 3, 0,79 no Ponto 4 e 1,14 no Ponto 5. O maior desvio padrão foi registrado no Ponto 5, o restante dos pontos variou entre 0,15 (Ponto 2) e 1,02 (Ponto 5).

Tabela 10 - VME - Voto Médio Estimado no Mês de Maio

VME								
ÁREA	ÁREA INTERNA FRENTE							
PONTO	2				3			
ATIVIDADE	FUNCIONÁRIOS		CLIENTES		FUNCIONÁRIOS		CLIENTES	
SEXO	FEM.	MASC.	FEM.	MASC.	FEM.	MASC.	FEM.	MASC.
TOTAL	5	16	42	19	15	21	16	22
MÍNIMO	-2	-0,69	-1,47	-2,11	-1,09	-1,66	-2,15	-1,54
MÉDIA	-0,60	-0,47	-0,50	-0,60	-0,23	-0,4	-0,32	-0,03
MÁXIMO	0,53	-0,31	1,41	1,16	0,59	0,96	0,63	0,46
DESVPAD	0,78	0,15	0,56	0,77	0,49	0,69	0,78	0,60

VME								
ÁREA	ÁREA INTERNA FUNDOS							
PONTOS	4				5			
ATIVIDADE	FUNCIONÁRIOS		CLIENTES		FUNCIONÁRIOS		CLIENTES	
SEXO	FEM.	MASC.	FEM.	MASC.	FEM.	MASC.	FEM.	MASC.
TOTAL	5	9	42	19	15	10	16	22
MÍNIMO	-1,64	-1,61	-1,55	-1,22	-1,06	-1,75	-2,49	-1,84
MÉDIA	-0,84	-0,47	-0,29	-0,25	-0,77	-0,04	-0,52	-0,42
MÁXIMO	-0,25	0,33	0,79	0,57	-0,59	1,14	0,54	0,3
DESVPAD	0,73	0,54	0,52	0,53	0,25	1,02	0,78	21,2

4.3.3 - PEI- Porcentagem Estimada de Insatisfação no Mês de Novembro de 2011

Os dados da tabela 12 indicam grande variação nos valores máximos de PEI nos pontos de medição. No ponto 2, a máxima porcentagem de insatisfeitos registrada foi de 56% para os funcionários femininos. No ponto 3, 89% dos clientes masculinos consideraram insatisfação com o ambiente. No ponto 4, o máximo índice de insatisfação registrado, 92%, foi com usuários femininos, tanto funcionários quanto clientes.

O máximo índice de insatisfeitos registrado no mês de novembro foi no ponto 5. A razão para esta grande porcentagem se deve a localização desse ponto, próximo aos refrigeradores. É interessante notar que no mês de maio, a máxima porcentagem registrada nesse local foi de 100% para clientes femininas, enquanto em novembro a máxima porcentagem de insatisfeitos, 100% registrada no mesmo local foi para os funcionários masculinos. A razão para esta grande porcentagem se deve à localização desse ponto, próximo ao refrigerador de alimentos. Tal variabilidade mecanicamente forçada também explica o maior desvio padrão de PEI observado

no Ponto 5. Tanto no ponto 5 como no ponto 2, há assimetria de radiação. A temperatura nesses dois pontos, 2 e 5, na região dos joelhos é de aproximadamente 1,5 °C mais baixa que em outras regiões do corpo. A razão para esta grande porcentagem se deve à proximidade com os refrigeradores de alimentos que acabam deixando o ambiente muito frio. No ponto 5, há maior concentração de funcionários masculinos.

O maior desvio padrão de PEI observado, conforme tabela 12, foi de 38,7% para os clientes femininos no ponto 5. Já a menor foi de 2,7% nos funcionários masculinos no ponto 2. Os demais pontos apresentam valores médios de PEI, oscilando entre médias de 9,6% (ponto 2) a 29,3% (ponto 5). O valor mínimo de todos os pontos variou de 5% a 12%.

Tabela 11 - % PEI- Porcentagem Estimada de Insatisfação no Mês de Novembro

PEI (%)								
ÁREA	INTERNA							
PONTO	2				3			
ATIVIDADE	FUNCIONÁRIOS		CLIENTES		FUNCIONÁRIOS		CLIENTES	
SEXO	FEM.	MASC.	FEM.	MASC.	FEM.	MASC.	FEM.	MASC.
TOTAL	3	16	41	18	4	21	58	16
MÍNIMO	5	5	5	5	5	5	5	5
MÉDIA	25,0	10,7	14,4	12,0	17,8	37	13,5	15,3
MÁXIMO	56	26	47	42	51	87	83	89
DESVPAD	27,2	6,7	10,6	9,7	22,3	34,9	15,3	20,9

PEI (%)								
ÁREA	INTERNA FUNDOS							
PONTO	4				5			
ATIVIDADE	FUNCIONÁRIOS		CLIENTES		FUNCIONÁRIOS		CLIENTES	
SEXO	FEM.	MASC.	FEM.	MASC.	FEM.	MASC.	FEM.	MASC.
TOTAL	8	9	33	15	3	10	38	12
MÍNIMO	5	5	5,0	5,0	12	5	5	5
MÉDIA	50,3	23,2	16,6	16,5	18	29,3	23,9	11,33
MÁXIMO	92	84	92	61	28	100	66	52
DESVPAD	35,3	33,9	20,9	13,4	8,7	38,7	19,7	13,1

A tabela 13 mostra que na média do VME, a grande maioria estava sentindo frio, entre o mínimo de -1,44 no (Ponto 2), -1,79 no (Ponto 3), -1,57 no (Ponto 4) e -3 (Ponto 5). O máximo voto médio estimado registrado foi de 1,61 no (Ponto 2), e 2,29 no (Ponto 3), 2,48 no (Ponto 4) e

2,45 no (Ponto 5). O maior desvio padrão foi registrado foi 1,40 no (Ponto 5) no restante dos pontos variou entre 0,09 no (Ponto 4) e 1,19 no (Ponto 2).

Tabela 13- VME - Voto Médio Estimado no Mês de Novembro

VME								
ÁREA	ÁREA INTERNA- FRENTE							
PONTOS	2				3			
ATIVIDADE	FUNCIONÁRIOS		CLIENTES		FUNCIONÁRIOS		CLIENTES	
SEXO	FEM.	MASC.	FEM.	MASC.	FEM.	MASC.	FEM.	MASC.
TOTAL	3	16	42	18	4	21	58	16
MÍNIMO	-0,67	-1,02	-1,44	-1,33	-1,52	-1,03	-1,79	-1,06
MÉDIA	0,27	-0,12	-0,22	-0,245	-0,53	0,8	-0,13	0,085
MÁXIMO	1,61	0,69	0,86	0,78	0,12	2,29	2,16	2,35
DESVPAD	1,19	0,55	0,66	0,56	0,71	1,13	0,66	0,79

VME								
ÁREA	ÁREA INTERNA FUNDOS							
PONTOS	4				5			
ATIVIDADE	FUNCIONÁRIOS		CLIENTES		FUNCIONÁRIOS		CLIENTES	
SEXO	FEM.	MASC.	FEM.	MASC.	FEM.	MASC.	FEM.	MASC.
TOTAL	8	9	33	15	3	10	38	12
MÍNIMO	-0,10	-0,02	-1,57	-0,05	-1,06	-3,0	-1,57	-1,69
MÉDIA	1,36	0,65	-0,05	2,45	-0,77	-0,53	-0,05	0,22
MÁXIMO	2,48	2,19	2,45	0,83	-0,59	1,3	2,45	0,92
DESVPAD	0,97	0,87	0,83	0,09	0,25	1,40	0,83	0,76

As figuras 47 e 48 mostram o gráfico geral com relação ao VME e PEI respectivamente nos meses de maio e novembro de 2011.

No mês de maio, segundo os dados do PEI e VME geral calculados, as pessoas sentiam maior desconforto devido ao frio, conforme Figura 46. Nesta etapa a Porcentagem Estimada de Insatisfeitos(PEI) máxima calculada pelo programa Conforto (2.03) no mês de maio foi de - 2,49, atingiu 93%. O mês de maio é uma época de transição climática do outono para o inverno em Campinas. A tendência é permanecer com temperaturas mais baixas no período noturno, consequentemente nesse período as áreas internas permanecem mais frias. No supermercado em questão, além das temperaturas menos elevadas para essa estação, ainda há a influência dos refrigeradores de alimentos que permanecem constantemente ligados e acabam resfriando

demasiadamente os ambientes. Com isso, as temperaturas ficam mais amenas nas áreas internas no período matutino, voltando a aumentar somente no período da tarde. O gráfico da figura 46 confirma maior índice de insatisfeitos devido ao frio no ambiente de vendas.

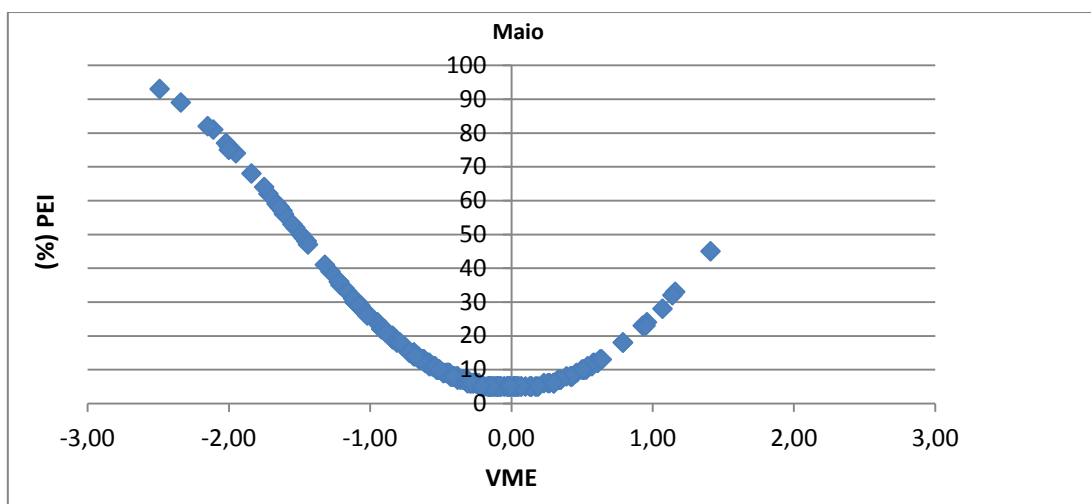


Fig. 46-Dados de Porcentagem Estimada de Insatisfeitos e Voto Médio Estimado

Em novembro o comportamento do VME calculado confirma a dificuldade de estabelecer um parâmetro mais uniforme às áreas internas da edificação. Enquanto muitos usuários sentiam frio na área interna, outros já sentiam calor no mesmo ambiente, conforme pode demonstra figura 47. O PEI e o VME calculado pelo programa Conforto 2.03 variaram entre -3 e 2,48, com maior concentração entre -1,79 e 0,98, com interrupção entre 0,98 e 1,30, tornando a se concentrar entre 1,98 e 2,48, ou seja, o voto médio estimado foi mais variado, mas, ao mesmo tempo mostra tendência ao desconforto térmico pelo calor. Esse fato confirma a tendência da época para maior desconforto devido ao calor, mesmo considerando que a temperatura do ar se encontrava praticamente igual nas duas etapas de levantamento de dados, conforme dados das Figuras 35 e 36.

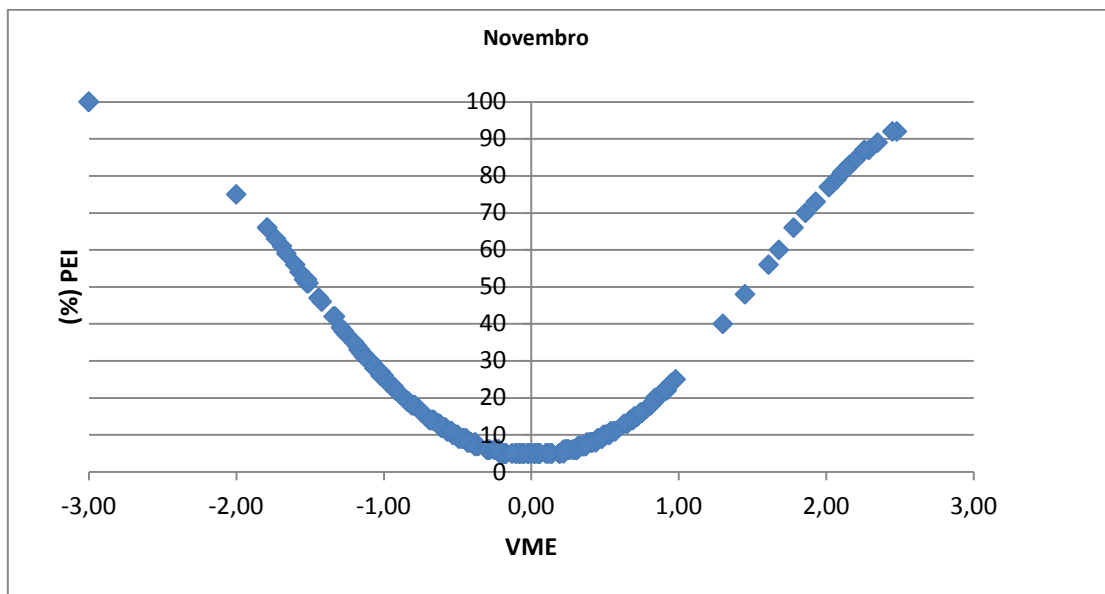


Fig. 47- Dados de Porcentagem Estimada de Insatisfeitos e Voto Médio Estimado

4.4 SENSÇÃO E PREFERÊNCIA TÉRMICA DOS USUÁRIOS NO AMBIENTE ANALISADO

Para esta etapa, foram analisados os dados coletados no mês de maio e comparados com os mesmos dados coletados no mês de novembro. Foram comparados os dados por pontos de medição, sendo os ponto 1 e 6 incorporados e adotados como referência da situação de clima externo. Também foram comparados os dados dos usuários por atividade (clientes e funcionários) no supermercado.

4.4.1 ÁREA EXTERNA

No ponto 1, para o mês de maio, com as temperaturas do ar variando entre a mínima de 17,6 °C e a máxima de 30,9 °C na área externa, o maior nível de desconforto na sensação térmica média, conforme registrado na figura 48, ocorreu com os usuários permanentes (funcionários), sendo maior nas pessoas do sexo feminino.

Há oscilações maiores entre a sensação térmica e a preferência térmica dos funcionários nas duas etapas avaliadas, tanto no mês de maio quanto em novembro. No entanto, foi ainda

maior no mês de novembro nos funcionários femininos. Tal variação na sensação térmica e preferência térmica foram respectivamente de 1,7 para -0,17, conforme figura 31.

No mês de maio, 55% preferiam o local do mesmo jeito, 32% um pouco mais quente, 9% pouco mais frio e 4% mais frio. Em novembro, no Ponto 1, 33% sentiam-se confortáveis, 19% com pouco calor, 28% com calor e 20% com muito calor. Quanto à preferência térmica nesse período, 87% preferiam do mesmo jeito e 13% pouco mais quente.

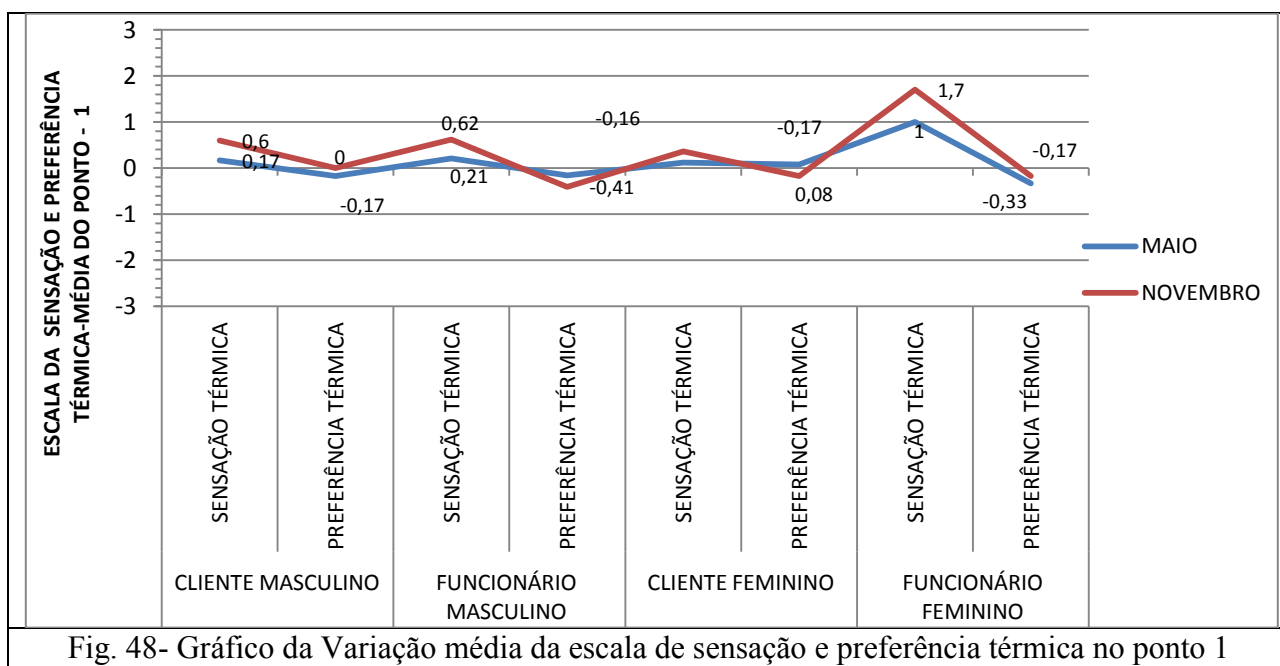
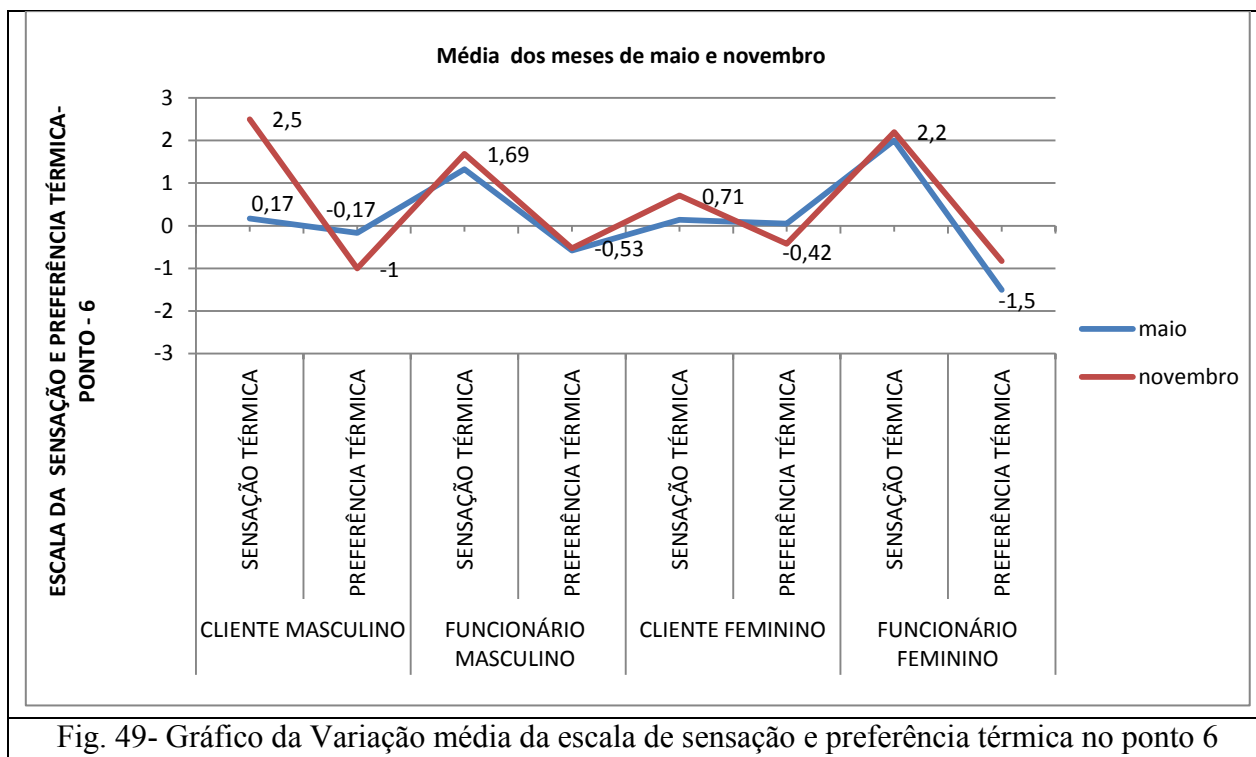


Fig. 48- Gráfico da Variação média da escala de sensação e preferência térmica no ponto 1

No ponto 6, no mês de maio, 38% preferiam o local do mesmo jeito, 39% preferiam pouco mais frio, 15% pouco mais quente e 8% mais frio. No mês de Novembro, 54% sentiam-se confortáveis, com 12% pouco calor, 23% calor, 4% pouco frio e 2% frio.

No mês de novembro, com as temperaturas externas similares às do mês de maio, conforme figuras 35 e 36, registra-se um índice maior de insatisfação térmica conforme pode ser visto na figura 49 a seguir. Em novembro, a sensação térmica na área externa comportou-se da seguinte maneira; 54% dos entrevistados estavam sentindo-se confortáveis, 12% com pouco calor, 17% calor, 13% com muito calor, 3% com pouco frio e 1% com frio. Com relação à preferência térmica, 55% dos entrevistados preferiam do mesmo jeito, 12% preferiam pouco mais quente, 29% preferiam pouco mais frio e 6% preferiam mais frio.



No mês de novembro a temperatura radiante média variou de 17⁰C a 49 ⁰C na área externa com média de 35,7 ⁰C para o período de medição, enquanto no mês de maio, a média da temperatura radiante foi de apenas 25 ⁰C no período de avaliação. Portanto, registrou-se em média, dez graus mais elevados que na primeira etapa ocorrida no mês de maio. A partir daí pode ser explicado o maior desconforto no mês de novembro.

4.4.2 ÁREA INTERNA

4.4.3 Temperatura na Área Interna do Supermercado

Além da temperatura radiante média, velocidade de vento e umidade relativa, a temperatura média do ar também foi analisada no ambiente de vendas em quatro pontos distintos, sendo todos com características diferentes. No entanto, no ponto 2 chamou atenção a temperatura mais elevada em alguns períodos, enquanto nos outros pontos a temperatura permaneceu constante. Nesse local, concentra-se grande parte dos usuários permanentes, principalmente do sexo feminino que são as operadoras de caixas da loja, que se localizam próximo a esse ponto.

No ponto 2, a temperatura do ar se mostrou menor até a altura dos joelhos, ou seja, foi aproximadamente 1,5 °C menor que na altura dos ombros. No entanto, por haver uma abertura zenital envidraçada sobre esse ponto, a temperatura radiante média também se mostrou bem mais elevada em alguns momentos, chegando a 34,1 °C, conforme Figura 50 b.

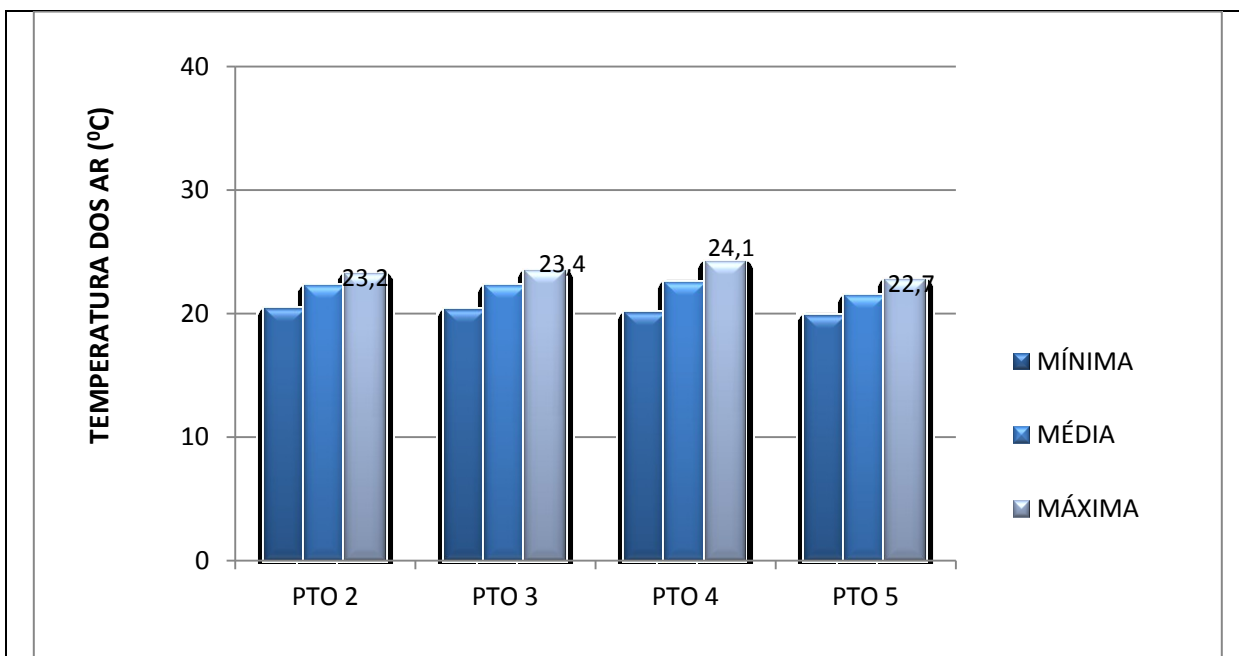
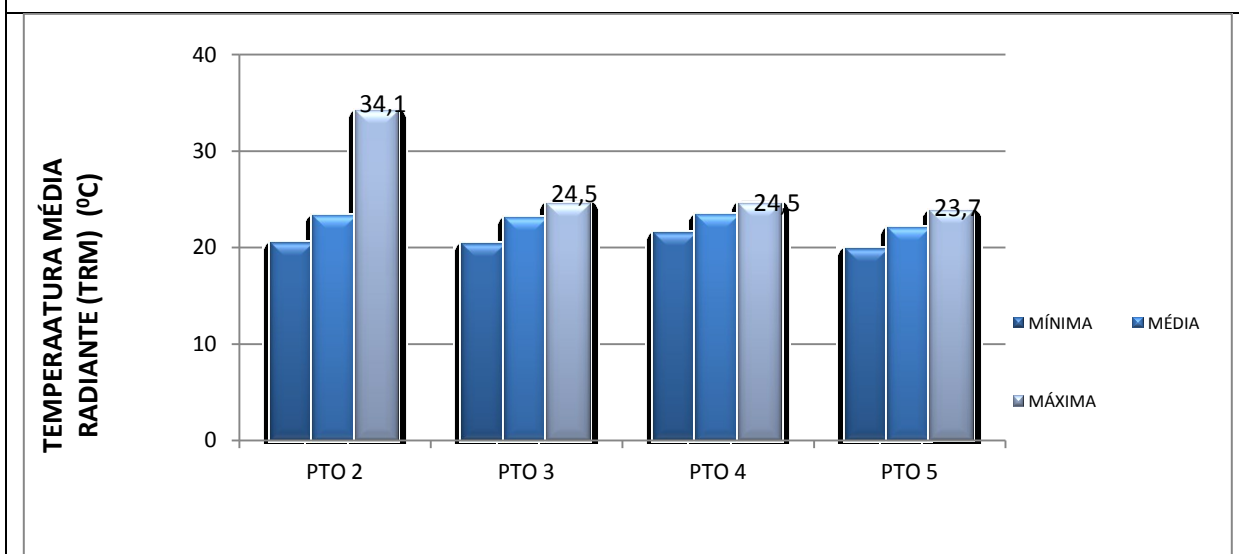


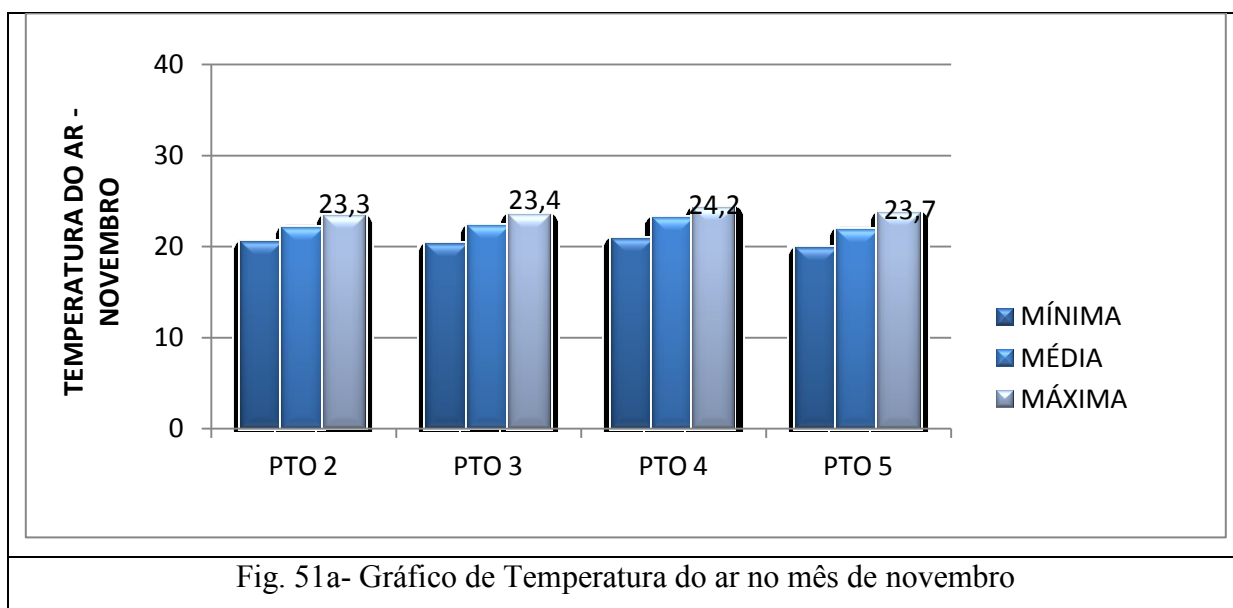
Fig. 50 a- Gráfico da Temperatura do Ar no Mês de Maio

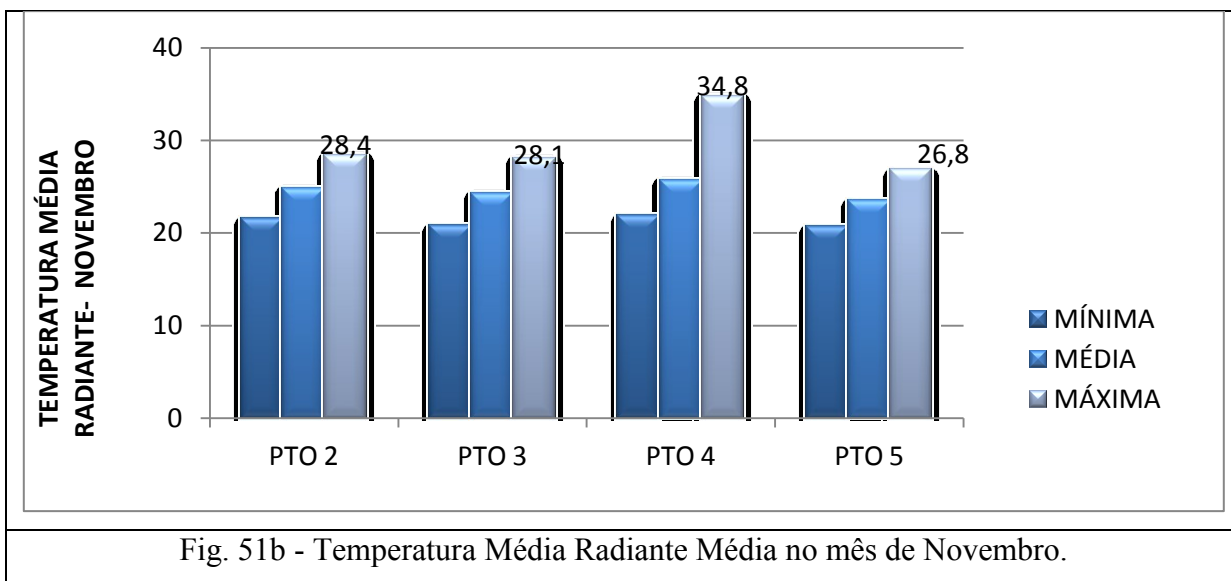


50 b - Temperatura Média Radiante no Mês de Maio

Não houve grandes diferenças nas temperaturas do ar nas áreas internas nas duas etapas de medição. Os refrigeradores permanecem constantemente ligados e o ar frio dissipado pelo funcionamento dos equipamentos é utilizado para condicionamento de ar no ambiente de vendas. O ambiente é protegido de entrada de ar externo. Em cada etapa de medição pôde-se observar diferenças de temperatura média radiante em dois pontos, sendo um deles no mês de maio e outro no mês de novembro. No mês de maio, foi registrada embaixo da abertura zenital (ponto 2), aonde a temperatura chegou a 34,1 °C.

No mês de novembro, foi registrada a maior temperatura média radiante no ponto 4, conforme figura 51b. A explicação para o aumento da tal temperatura foi a colocação de uma grande luminária refletiva próxima ao local.





4.4.3 Índice Geral de Conforto do Ambiente de Vendas

Na análise o índice geral no ambiente interno do supermercado (figura 52^a) 79% dos entrevistados estavam sentindo confortáveis no mês de maio, 16% estavam sentindo desconforto devido ao frio e 5% estavam sentindo pouco calor. No entanto, 74% preferiam o ambiente sem alterações, 13% preferiam um pouco mais quente, 6% preferia pouco mais frio.

No mês de novembro, Figura 52b, 72% dos entrevistados estavam se sentindo confortáveis no local, ainda 10% sentiam pouco frio, enquanto 3% sentiam frio. Com relação à preferência térmica, 68% dos entrevistados preferiam o local sem alteração, 18% preferia pouco mais frio, e 3% preferiam mais frio. Entretanto, 12% dos usuários preferiam o ambiente um pouco mais quente.

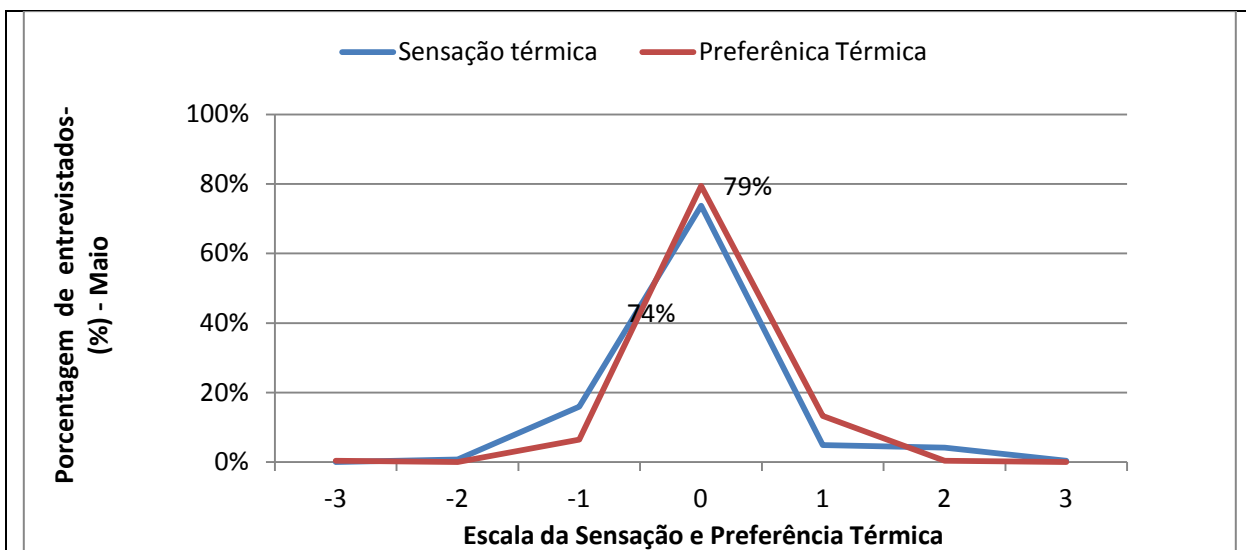


Fig. 52a- Sensação e Preferência Térmica no mês de maio

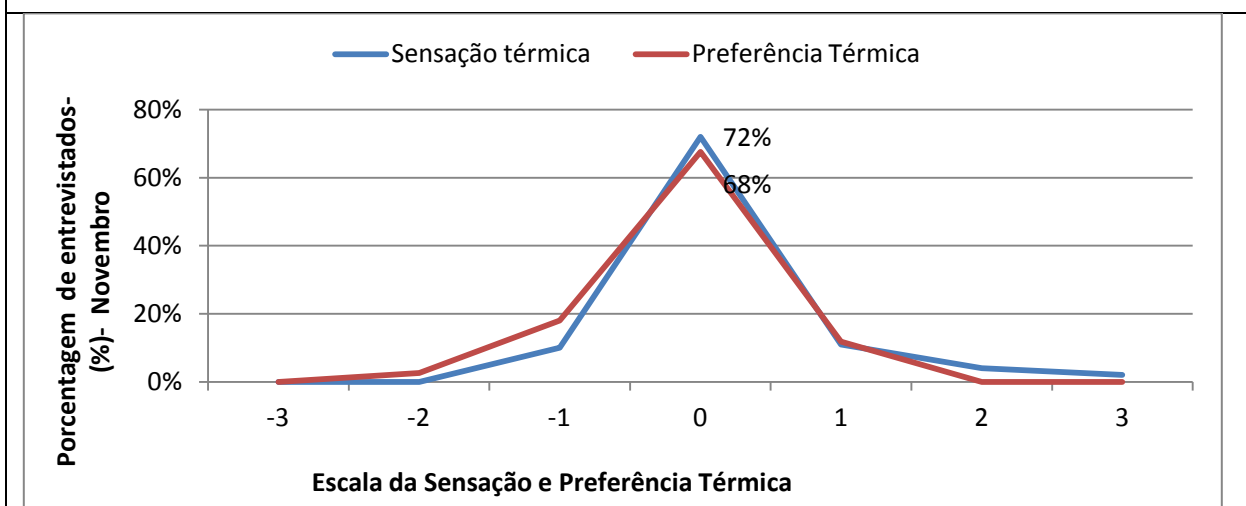


Fig. 52b- Sensação e Preferência Térmica no mês de novembro.

A técnica utilizada no supermercado para condicionamento ambiental foge do convencional. Não há controle de temperatura do ar no ambiente interno. Portanto, foi analisada a influência dos equipamentos refrigeradores de alimentos no conforto térmico dos usuários na área interna do ambiente de vendas. Essas análises são detalhadas a seguir.

Nota-se na figura 53, uma pequena variação da temperatura do ar média nos períodos analisados. Os pontos 1 e 6 pertencem à área externa, portanto foram colocados próximos como referência. Os pontos 2 e 3 pertencem a área da entrada do edifício, sendo o ponto 2 embaixo do vitral de abertura zenital. Os pontos 4 e 5 estavam localizados numa área com forte

influência do ar frio dos refrigeradores de alimento, principalmente o ponto 5, pois, se localizava à dois metros de um dos dezessete equipamentos existentes espalhados no supermercado, portanto, a temperatura em média era aproximadamente 1°C mais baixa que nas outras regiões analisadas.

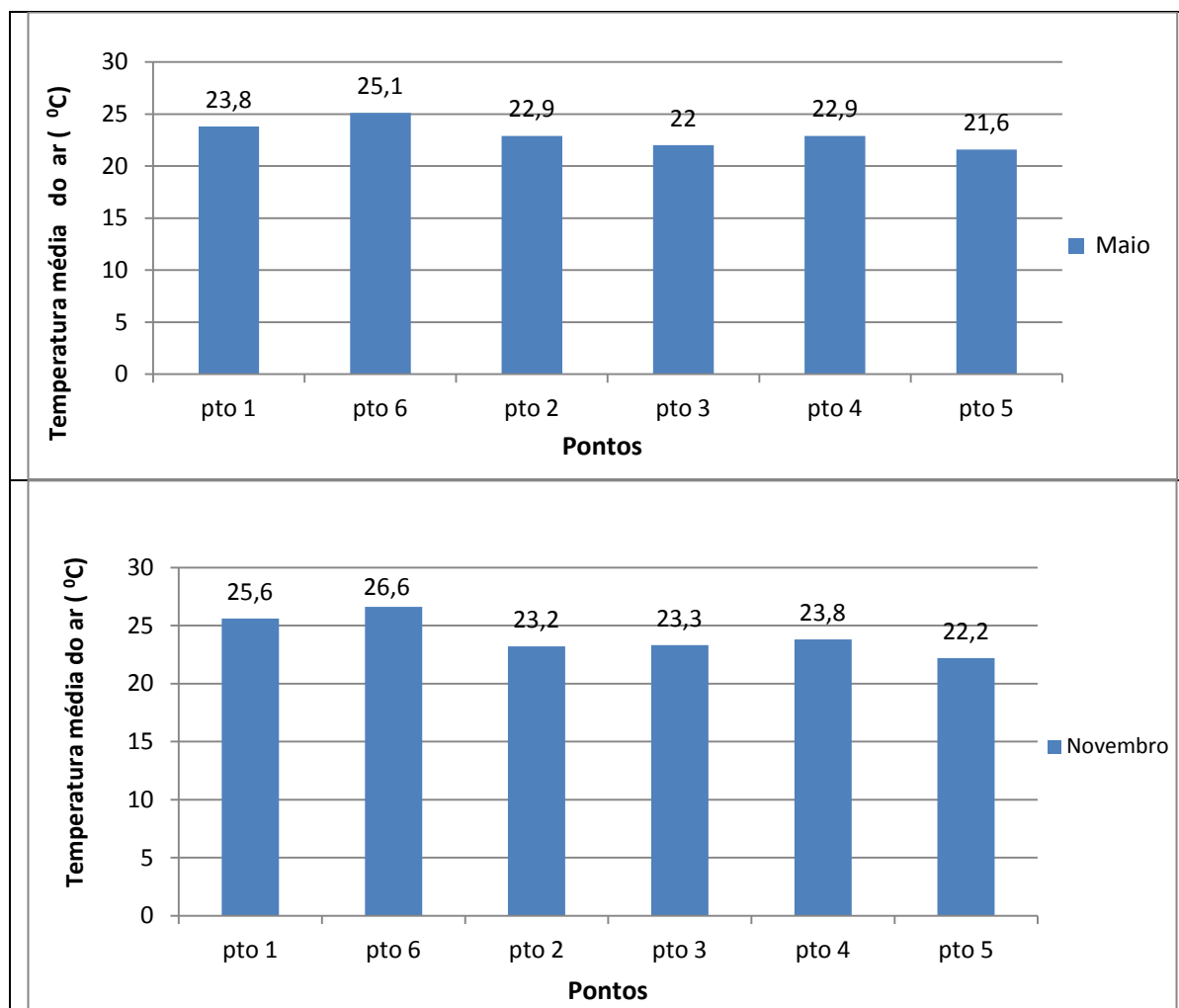


Figura 53 – Gráfico da Média da Temperatura Média do Ar dos Meses de Maio e Novembro

4.4.5 ÁREA INTERNA FRENTE

No ponto 2, (figura 54), ao comparar a sensação e preferência térmica de maio e de novembro e ainda por atividade dos usuários, percebe-se que a maior variação entre as escalas da sensação e preferência está nos usuários permanentes do edifício, sendo mais acentuado nas mulheres. No ponto 2 há uma maior concentração de funcionários femininos. Os funcionários,

por permanecerem mais tempo no edifício, ficam sujeitos a maior exposição às temperaturas internas, o que, para muitos, pode não ser agradável.

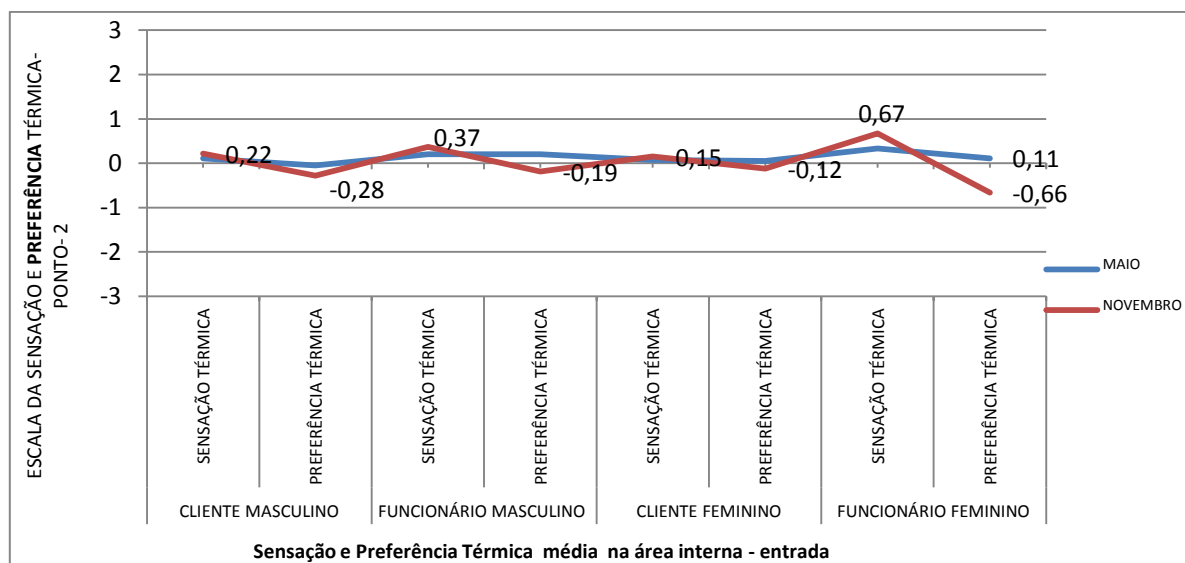


Fig. 54- Gráfico da Variação média da escala de sensação e preferência térmica no ponto 2.

Analisando o índice geral do ponto 2, no mês de maio, 67% preferiam o ambiente sem alteração e 24% preferiam pouco mais frio e 9% preferiam pouco mais quente.

No mês de novembro, 72% se sentiam confortáveis, 14% pouco calor, 8% calor e 6% pouco frio. Já 64% preferiam sem alteração ou do mesmo jeito, 22% pouco mais frio, 4% mais frio enquanto 10% preferiam pouco mais quente.

Analisando por atividade no ponto 2, a parcela de 78% dos clientes se sentiam confortáveis 15% estavam sentindo pouco calor, 2% calor e 73% desses clientes preferiam o ambiente do mesmo jeito, 20% preferiam pouco mais frio.

Nos meses de maio e novembro, 67% dos funcionários masculinos estavam se sentindo confortáveis, enquanto 19% sentiam pouco calor, 10% sentiam calor e 5% pouco frio. Quanto à preferência térmica, 57% preferiam do mesmo jeito, 19% pouco mais quente, 5% mais frio e outro 19% pouco frio.

Quanto às funcionárias mulheres, 75% estavam sentindo-se confortáveis, 17% estavam com calor e 8% com pouco calor. Quanto à preferência térmica dos funcionários femininos, 75% preferiam do mesmo jeito, 17% pouco mais frio e 8% pouco mais quente.

Dos clientes femininos entrevistados no ponto 2 nos dois períodos, 75% estavam sentindo confortáveis e preferiam do mesmo jeito, 11% sentia pouco calor, 5% calor, 10% pouco frio. Com relação à preferência térmica, 14% preferiam pouco mais frio, 11% pouco mais quente.

Dos clientes masculinos entrevistados, 81% sentiam confortáveis, 5% pouco frio, outros 5% pouco calor e 8% calor. Com relação à preferência térmica, 62% preferiam do mesmo jeito, 22% pouco mais frio, 5% mais frio, 8% pouco mais quente e 3% mais quente.

No ponto 3 no mês de maio, figura 56, 86% dos entrevistados preferiam o local do mesmo jeito, 9% preferiam pouco mais quente e 5% pouco mais frio.

No mês de novembro no ponto 3, 83% dos usuários entrevistados sentiam-se confortáveis, 8% pouco calor 2% calor, 6% pouco frio e 1% muito frio. Mas, 74% preferiam do mesmo jeito, 15% pouco mais frio 2% mais frio e 9% pouco mais quente.

Na análise por atividade e gênero no ponto 3, nos meses de maio e novembro, 79% dos funcionários masculinos sentiam-se confortáveis, 12% com pouco calor, 7% com calor e 2% com muito calor. No entanto, 74% dos entrevistados preferiam o ambiente do mesmo jeito, 14% preferiam pouco mais frio, 5% mais frio e 7% preferia pouco mais quente. Já entre as funcionárias mulheres entrevistadas, 68% estavam se sentindo confortáveis, 16% com pouco frio, 11% sentia pouco calor e 5% com calor.

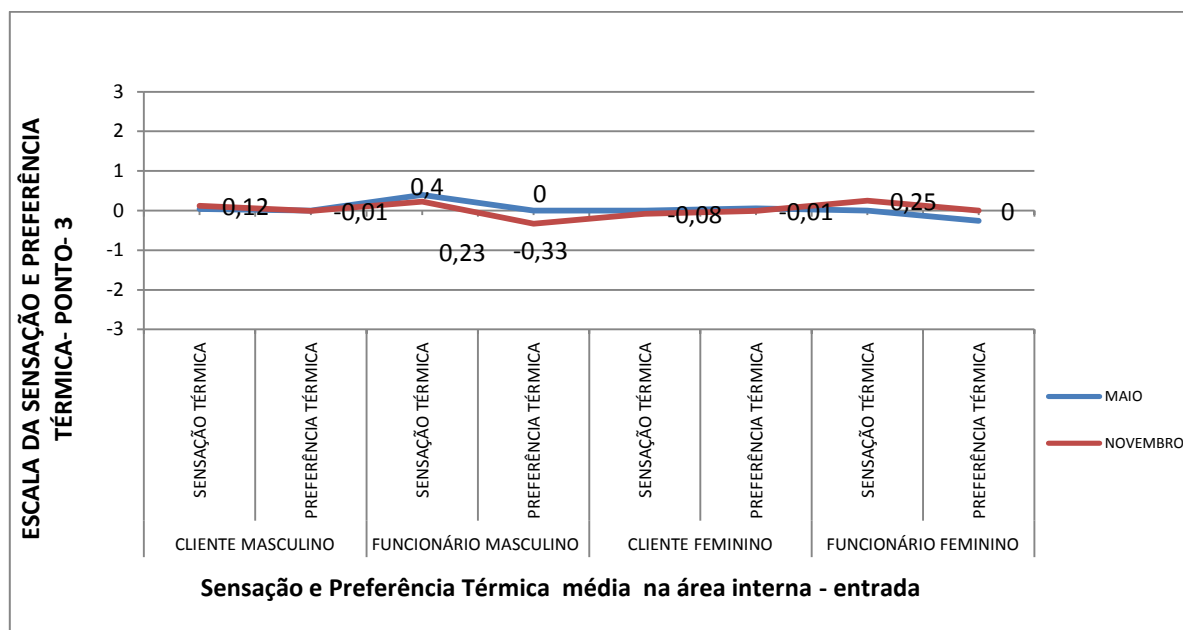


Fig. 55 – Gráfico da Variação média da escala de sensação e preferência térmica no ponto 3.

Dos clientes femininos entrevistados nos duas etapas, maio e novembro, 86% estavam sentindo confortáveis, 8% com pouco frio, 3% estava com pouco calor e 1% com calor. A preferência térmica feminina era 78% do mesmo jeito, 11% preferiam pouco mais frio, e 11% preferiam um pouco mais quente. Já, 78% dos clientes masculinos estavam sentindo confortáveis, 5% sentia pouco frio, 3% frio, 8% estavam com pouco calor e 6% com calor. Dos entrevistados, 78% preferiam do mesmo jeito, 14% preferiam um pouco mais frio e 8% um pouco mais quente.

4.4.6 ÁREA INTERNA FUNDOS

Analisando o índice geral do ponto 4, figura 56, observa-se maior concentração de funcionários masculinos organizando e carregando mercadorias. Ao comparar as duas etapas de medição percebe-se maior diferença no mês de novembro, registrada com funcionários masculinos. Esse ponto ficou pouco mais distante da influência dos refrigeradores. Os funcionários nesse local estavam organizando ou empurrando carrinhos mais pesados, ou seja, com maior taxa metabólica. Isso pode explicar a maior variação entre as escalas de sensação e preferência térmicas no local.

No ponto 4, no mês de maio, 75% dos entrevistados, no geral, preferiam o ambiente do mesmo jeito (sem alteração), 23% preferiam pouco mais quente e 2% pouco mais frio. No mês de novembro, 62% sentiam-se confortáveis, 14% sentiam pouco calor, 8% sentiam calor, 3% muito calor, 12% pouco frio e 2% frio. Já 57% preferiam do mesmo jeito, 25% pouco mais frio, 2% mais frio e 17% pouco mais quente.

Na análise por atividade e gênero no Ponto 4, nos meses de maio e novembro 67% dos funcionários masculinos sentiam confortáveis no ponto 4, 11% sentiam pouco calor, 17% sentiam calor. Já 67% preferiam do mesmo jeito e 33% preferiam pouco mais frio.

Analisando os funcionários femininos nesse local, 46% sentiam-se confortáveis, 23% pouco calor, 8% muito calor, 15% pouco frio e 8% frio. Com relação à preferência térmica, 46% preferiam do mesmo jeito, 31% pouco mais frio e 23% pouco mais quente. Entre os clientes femininos analisados, 69% sentiam-se confortáveis, 26% estavam sentindo pouco frio e 4% estavam sentindo pouco calor. Quanto à preferência térmica dos usuários femininos, 68% preferiam do mesmo jeito, 25% pouco mais quente e 7% pouco mais frio. Enquanto 71% de clientes masculinos se sentiam confortáveis no ponto 4, a mesma porcentagem, 71% preferiam o ambiente do jeito, sem alteração e 13% preferia pouco mais frio, 4% mais frio e outros 13% preferiam pouco mais quente.

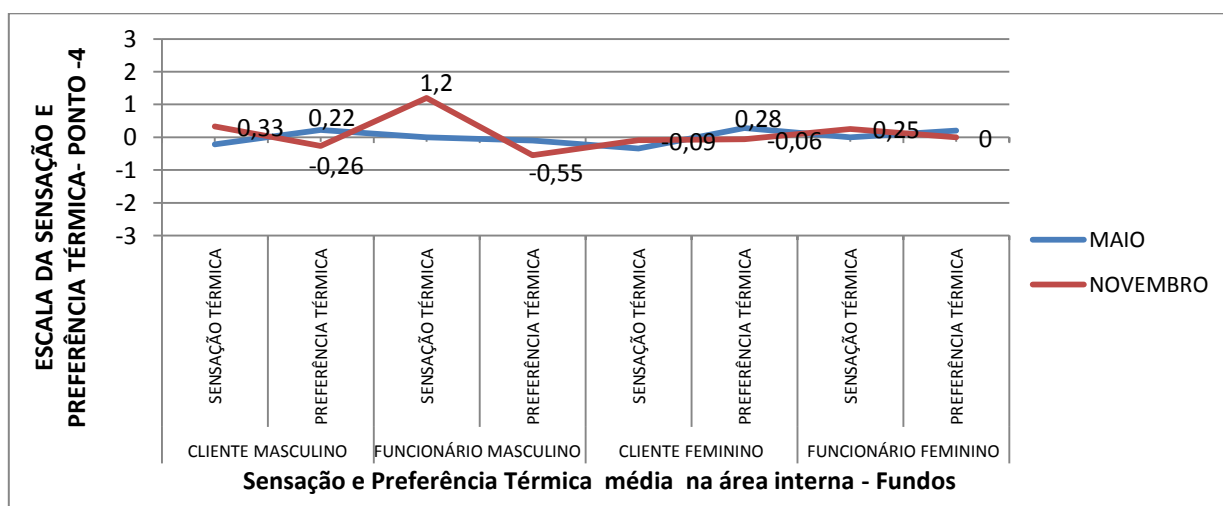


Fig. 56- Gráfico da variação média da escala de sensação e preferência térmica no ponto 4

Na análise geral do ponto 5, figura 57, percebe-se que a maior variação das escalas de sensação e preferência térmica está concentrada nos clientes masculinos. Essa é a região dos refrigeradores, portanto, com temperaturas mais amenas.

Na análise geral, no Ponto 5 no mês de maio, 38% preferiam o ambiente do mesmo jeito, 39% pouco mais frio, 15% pouco mais quente e 8% mais frio.

No mês de novembro 67% se sentiam confortáveis, 19% sentiam pouco mais frio, 10% pouco calor e 5% muito calor. Já 73% preferiam do mesmo jeito, 13% pouco mais quente, 11% pouco frio e 3% mais frio.

Analisando por atividade e gênero no ponto 5, 83% dos funcionários masculinos sentiam confortáveis, 8% pouco frio e 8% sentiam pouco calor, 50% preferiam do mesmo jeito, 25% pouco frio, 17% preferiam mais frio e 8% pouco mais quente. Já os funcionários femininos, 67% sentiam confortáveis e 67% e preferiam do mesmo jeito, 33% sentiam pouco frio e 33% preferiam do mesmo jeito.

Em relação aos clientes no ponto 5, 53% dos clientes femininos sentiam-se confortáveis, 29% pouco frio e 11% pouco calor. Quanto à preferência térmica, 76% preferiam o ambiente do mesmo jeito, 16% pouco mais quente e 8% pouco mais frio.

Dos clientes masculinos, 90% sentiam confortáveis e 90% preferiam do mesmo jeito, 10% sentiam pouco frio e 10% preferiam pouco mais quente.

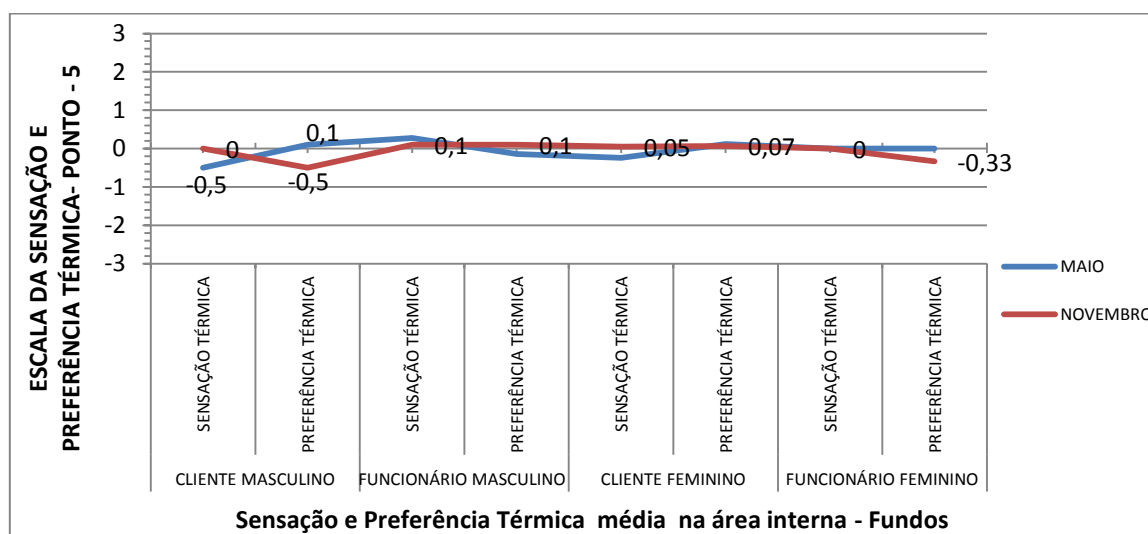


Fig. 57- Gráfico da variação média da escala de sensação e preferência térmica no ponto 5.

4.5 CONSUMO E CONTRATO DE ENERGIA ELÉTRICA NO SUPERMERCADO

A energia consumida pelo supermercado é fornecida pela concessionária local (CPFL - Companhia Paulista de Força e Luz). O contrato de fornecimento de energia elétrica do estabelecimento é a tarifa Horó-sazonal verde.

A tarifa horó-sazonal é caracterizada pela aplicação de tarifas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com a hora de utilização do dia e dos períodos do ano e ainda com o horário de ponta e fora de ponta.

O horário de ponta é definido pela concessionária e composto por três horas diárias consecutivas, com exceção dos sábados, domingos e feriados, de acordo com as características do sistema elétrico.

A modalidade da tarifa verde é estruturada para aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e do período do ano, tais como: período chuvoso e seco. É ainda estruturada a partir de uma única tarifa de demanda de potência para cada período do ano, não havendo diferença de acordo com as horas de utilização do dia.

De acordo com os dados do contrato com a distribuidora, a demanda contratada era de 150 KW, mas o supermercado passou a contratar a demanda de 160 KW, a partir de janeiro de 2011, atendendo as sugestões da empresa de distribuidora de energia.

4. 5.1 Equipamentos de Medição de Energia Usados no Supermercado

O equipamento utilizado na medição e registro do consumo e demanda de energia elétrica é o ELO. 2113, figura 58. Esse equipamento possibilita às concessionárias de energia um conhecimento detalhado do consumo e demanda de energia ativa e reativa para efeitos de faturamento, especialmente nos consumidores que utilizam tarifas horó-sazonal (THS). É um equipamento para medição e registro de energia ativa e energia reativa de circuito mono, bifásico ou trifásico. Possui memória de massa que possibilita o traçado da curva de carga e tem capacidade de armazenamento das informações para aproximadamente 44 dias.

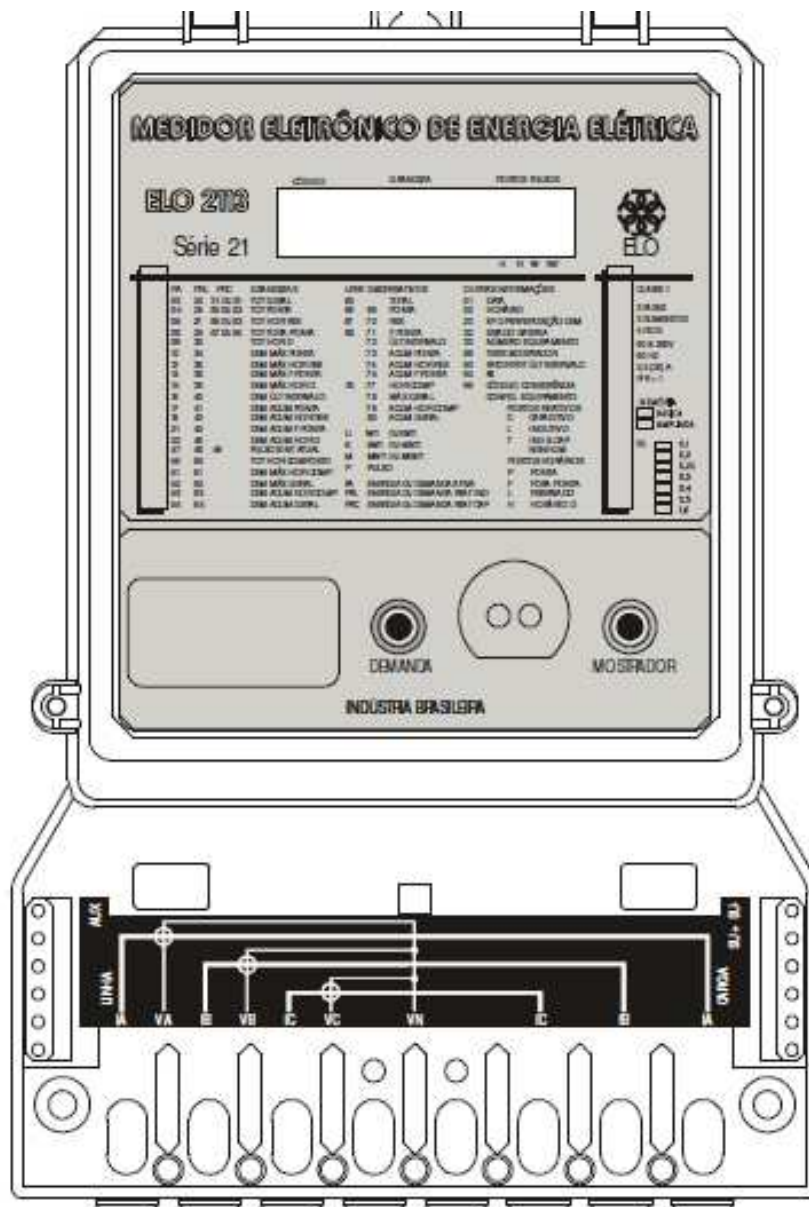


Figura 58- Imagem do medidor ELO 2113

As informações geradas pelo medidor eletrônico ELO. 2113 podem ser obtidas de várias maneiras: via leitura visual do mostrador, via coleta automática pela leitora programadora (ELO. 543/943), por meio da saída do usuário, dentre outros. Através da leitora Direcional e Programadora, são obtidos os dados do medidor eletrônico ELO. 2113 para posterior processamento em PC. A figura 59 mostra detalhes da saída de dados do mostrador ELO.2 113.

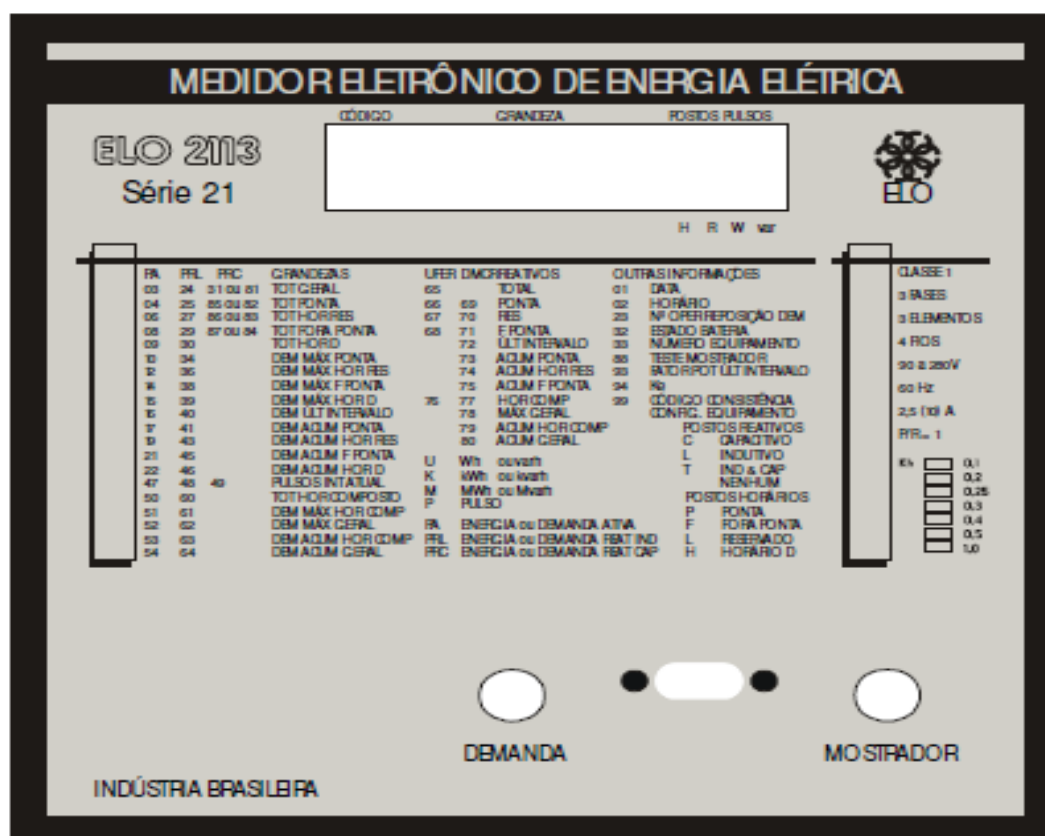


Fig. 59 – Imagem do Medidor Eletrônico de Energia Elétrica

Os dados coletados são descarregados em formato de planilha, conforme modelo a seguir mostrado na Tabela 13.

Tabela 13- Visualização dos Dados de Medição do Medidor Eletrônico de Energia

Landis+Gyr Equipamentos de Medição - Programa de Análise de Demanda - PAD Win 4.00.2											
Data: 09/04/2013 Leitora: 343042 Modelo: 0113											
Hora: 15:55:29 Equipamento: 40070637 Versão: 0123											
Relatório da memória de massa											
UC 40216195											
Reg.	Data	Hora	kW	kWh	varIND	varCAP	SH	SR	FPot.	DCR	UFER
1	26/02	16:00	39,04	9,76	21376	0	F	L	88 L		
4	26/02	16:15	131,584	32,896	65152	0	F	L	90 L		
7	26/02	16:30	130,048	32,512	63616	0	F	L	90 L		
10	26/02	16:45	134,336	33,58401	66880,01	0	F	L	90 L		
13	26/02	17:00	135,68	33,92001	66176	0	F	L	90 L	136303	3391
16	26/02	17:15	125,632	31,408	63744	0	F	L	89 L		

4.5.2 CONSUMO DE ENERGIA NO SUPERMERCADO

O supermercado utiliza dezessete equipamentos refrigeradores de alimentos, sendo catorze deles posicionados na área comercial. Os três restantes são utilizados para manutenção do estoque. Os equipamentos são distribuídos na área de vendas visando melhorar o condicionamento ambiental e economia de energia elétrica através do ar frio dissipado pelo funcionamento dos refrigeradores.

A distribuição dos equipamentos refrigeradores de alimentos no ambiente de vendas e são demonstrados na cor azul e demarcado com as letras, conforme Figura 60.

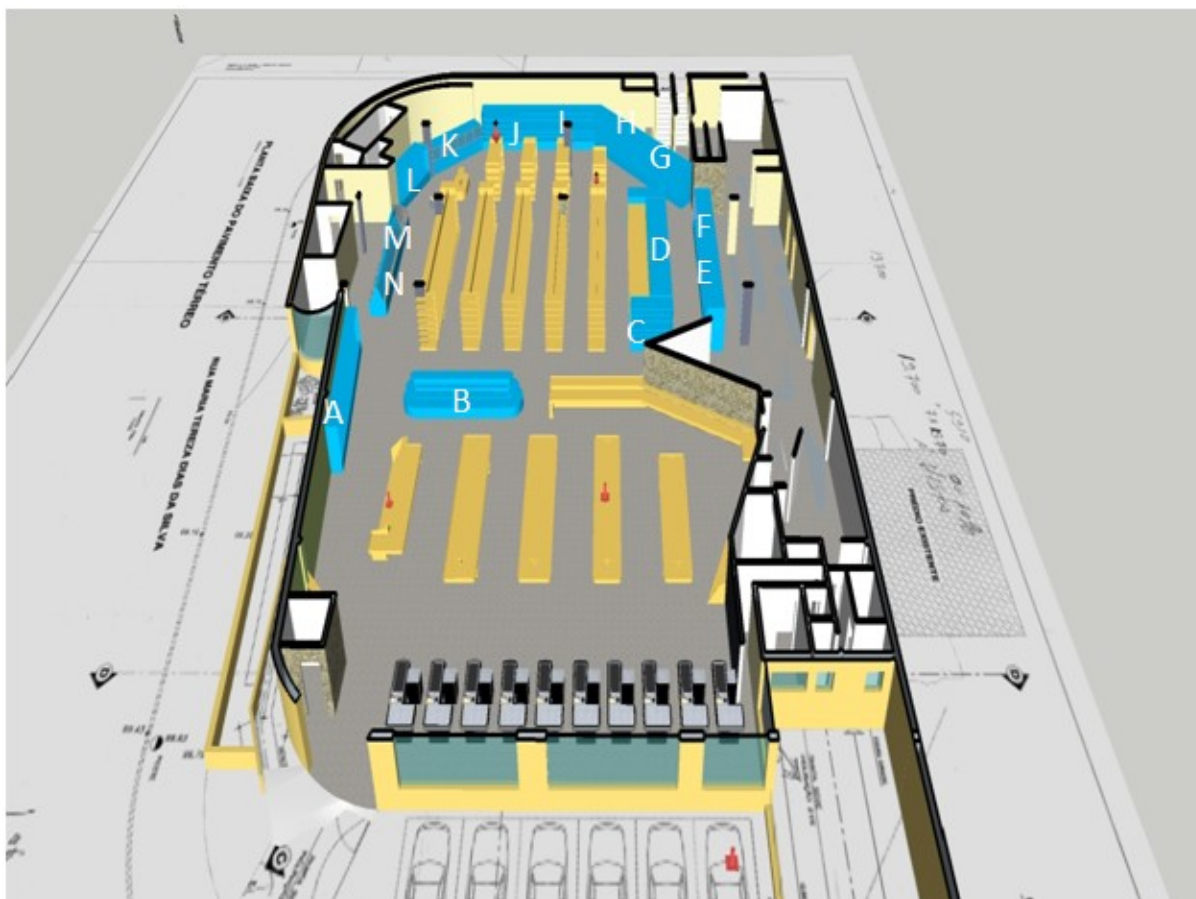


Fig. 60- Posicionamentos dos Equipamentos Refrigeradores de Alimentos no Ambiente de Vendas

Para esse estudo, também foram coletados os dados da temperatura de operação dos equipamentos do supermercado pesquisado e confrontados com os mesmos dados de um

supermercado usado como referência. No entanto, as temperaturas de operação dos equipamentos estavam muitas vezes com diferenças muito altas, com isso, optou-se por não utilizar os dados nesse trabalho. Esses dados se mostram interessantes para comparação entre as temperaturas de operação dos equipamentos entre os supermercados devido ao fato dos supermercados serem construídos em épocas diferentes, ou seja, o supermercado fonte de pesquisa *in-loco* foi inaugurado em 2009. Enquanto o supermercado usado como referência (chamado de supermercado B), é um supermercado de uma grande rede, estabelecido aproximadamente 15 anos no local. Portanto, seus equipamentos estão mais antigos. Não foi possível obter imagens dos equipamentos do supermercado B.

Foram registrados os refrigeradores similares que fossem equivalentes entre os dois supermercados, ou seja, que fossem utilizados para resfriar os mesmos produtos e que tivessem as mesmas características físicas. Porém, em alguns casos, mesmo com as mesmas características físicas as temperaturas eram bem diferentes, conforme dados a seguir:

4.5.3 Dados e informações técnicas dos equipamentos utilizados no supermercado pesquisado e temperatura de operação do supermercado referencia.



Fig. 61- Imagem do equipamento A

Dados técnicos:

Possui 1 módulo de 3,75m, 1 módulo de 2,50m e 2 módulos terminal.

Característica Técnicas Expositor Frigorífico Vertical Aberto

Setor Lácteo

Nome: Expositor frigorífico

Modelo: Berlino 90S SL 2500

A temperatura de operação indicado pelo fabricante é: entre o (0 e +12).

Carga Térmica: 5356 kcal/h

A temperatura de operação no supermercado pesquisado era de 0 e -1 °C. Enquanto no supermercado B a temperatura era 0 e +3 °C.



Fig. 62- Imagem do equipamento B

Dados técnicos:

Característica Técnicas: Expositor Frigorífico Horizontal Aberto

Localizado na área central do estabelecimento.

Possui 1 módulo de 3,75m, 1 módulo de 2,50m e 2 módulos terminal.

Setor de Frios e Laticínio

Nome: Expositor frigorífico

Modelo: Lucerna H 150 SL

A temperatura de operação indicado pelo fabricante é: $-1/ +6^{\circ}\text{C}$.

Carga Térmica: 5356 kcal/h

A temperatura de operação no supermercado pesquisado era 5°C . Enquanto no supermercado B a temperatura (não tinha termostato). O termostato se encontrava quebrado.



Fig. 63- Imagem do equipamento C

Dados técnicos:

Características Técnicas: Expositor Frigorífico Vertical Aberto

Possui 1 módulo de 3,75m

Setor de Frutas e Verduras

Nome: Expositor frigorífico

Modelo: Berlino 90SL

Temperatura de Operação indicado pelo fabricante é: $0/ +2^{\circ}\text{C}$

Carga Térmica: 5356 kcal/h

A temperatura de operação nos supermercado pesquisado era de 0 e 0°C . Enquanto no supermercado B (termostato quebrado).



Fig. 64- Imagem do equipamento D

Dados técnicos:

Características Técnicas: Expositor Frigorífico Vertical fechado

Possui 2 módulo de 3,75m +1módulo de 2,50m

Setor Láteo

Nome: Expositor frigorífico

Modelo: Perth

Temperatura de Operação indicado pelo fabricante é: $-20/ -20^{\circ}\text{C}$

Carga Térmica: 8604 kcal/h

A temperatura de operação nos supermercado pesquisado era de -20°C . Enquanto no supermercado B, também era -20°C .



Fig. 65- Imagem do equipamento E

Dados técnicos:

Características Técnicas: Expositor Frigorífico Vertical fechado

Possui 1 módulo de 5 portas

Setor de Congelados

Nome: Expositor frigorífico

Modelo: Brema 2035P

Temperatura de Operação indicado pelo fabricante é: 0/ +12°C

Carga Térmica: 2631kcal/h

A temperatura de operação nos supermercado pesquisado era de -40 °C. Enquanto no supermercado B, era -24 °C.



Fig. 66- Imagem do equipamento F

Dados técnicos:

Características Técnicas: Expositor Frigorífico Vertical fechado

Possui 1 módulo de 5 portas

Setor Expositor Frigorífico

Nome: Expositor frigorífico

Modelo: Brema 203 5P

Temperatura de Operação indicado pelo fabricante é: 0/ +12°C

Carga Térmica: 2631kcal/h

A temperatura de operação nesse equipamento do supermercado pesquisado marcava em um dos termostatos -10 °C e no segundo termostato a temperatura era -20 °C. Enquanto no supermercado B, tinha somente um termostato e a temperatura de operação era -20 °C.



Fig. 67- Imagem do equipamento G

Dados técnicos:

Características Técnicas: Expositor Frigorífico Vertical Aberto

Setor Expositor Frigorífico

Nome: Expositor frigorífico

Modelo: Berlindo 90 SL

Temperatura de Operação indicado pelo fabricante é: 0/ +12⁰C

Carga Térmica: 1750 kcal/h

A temperatura de operação nesse equipamento do supermercado pesquisado marcava -30 ⁰C.

Enquanto no supermercado B a temperatura de operação era -20 ⁰C.



Fig. 68- Imagem do equipamento H

Dados técnicos:

Características Técnicas: Expositor Frigorífico Vertical Aberto

Possui 2 módulo de 2,50m totalizando uma linha de 5m

Setor Lácteo

Nome: Expositor frigorífico

Modelo: Berlindo 90 SL

Temperatura de Operação indicado pelo fabricante é: (não foi indicado)

Carga Térmica: 7141kcal/h

A temperatura de operação nesse equipamento no supermercado pesquisado marcava -0°C em um dos termostatos e no segundo termostato marcava -1°C . Enquanto no supermercado B a temperatura de operação era 3°C .

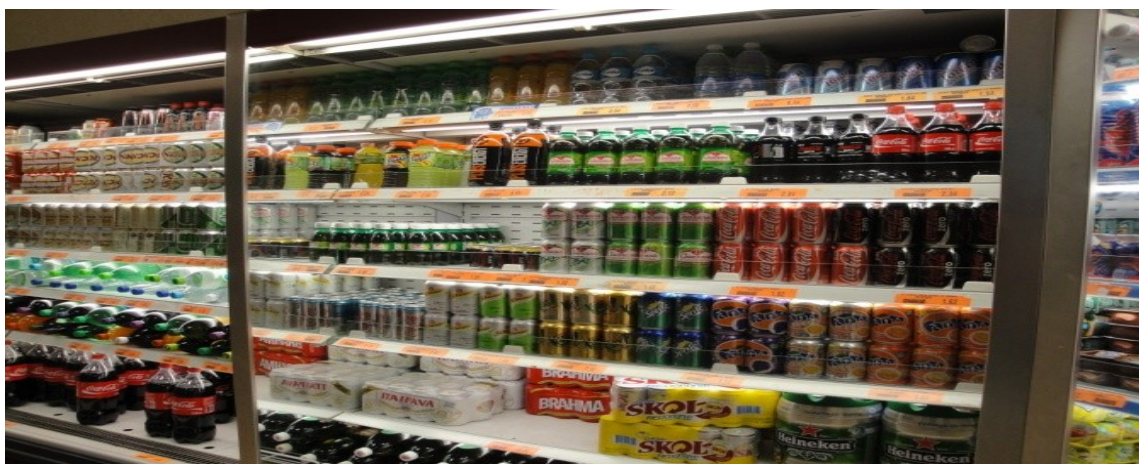


Fig. 69- Imagem do equipamento I

Dados técnicos:

Características Técnicas: Expositor Frigorífico Vertical Aberto

Possui 2 módulo de 2,50m totalizando uma linha de 5m

Setor de Bebidas

Nome: Expositor frigorífico

Modelo: Berlindo 90 SL

Temperatura de Operação indicado pelo fabricante é: $0/ + 12^{\circ}\text{C}$

Carga Térmica: 1750 kcal/h

A temperatura de operação nesse equipamento no supermercado pesquisado marcava -0°C em um dos termostatos e no segundo termostato marcava -10°C ; enquanto no supermercado B a temperatura de operação era 4°C .



Fig. 70- Imagem do equipamento J

Dados técnicos:

Características Técnicas: Expositor Frigorífico Vertical Aberto

Possui 2 módulo de 2,50m totalizando uma linha de 5m

Setor de Carnes Embaladas

Nome: Expositor frigorífico

Modelo: Berlindo 90 MT

Temperatura de Operação indicado pelo fabricante é: $0/ + 12^{\circ}\text{C}$

Carga Térmica: Não indicado

A temperatura de operação nesse equipamento no supermercado pesquisado marcava -10°C .

Enquanto no supermercado B a temperatura de operação era -20°C .



Fig. 71- Imagem do equipamento K

Dados técnicos:

Características Técnicas: Expositor Frigorífico Horizontal Fechado

Setor de serviços de Carnes

Nome: Expositor frigorífico

Modelo: Chicago TE

Temperatura de Operação indicado pelo fabricante é: $-1/ + 6^{\circ}\text{C}$

Carga Térmica: 1291kcal/h

A temperatura de operação nesse equipamento no supermercado pesquisado marcava -1°C .

Enquanto no supermercado B a temperatura de operação era: (Não tinha).



Fig. 72- Imagem do equipamento L

Dados técnicos:

Características Técnicas: Expositor Frigorífico Vrtical aberto

Setor Frios

Nome: Expositor frigorífico

Modelo: Berlino BR 90 SL 3750

Temperatura de Operação indicado pelo fabricante é: $0/ + 12^{\circ}\text{C}$

Carga Térmica: 7141kcal/h

A temperatura de operação nesse equipamento no supermercado pesquisado marcava -1°C .

Enquanto no supermercado B a temperatura de operação era: $+3^{\circ}\text{C}$.



Fig. 73- Imagem do equipamento M

Dados técnicos:

Características Técnicas: Expositor Térmico Horizontal fechado

Possui 1 módulo de 1,875m.

Setor de alimentos quentes

Nome: Expositor frigorífico

Modelo: Torino Bakery PW

Temperatura de Operação indicado pelo fabricante é: $+45/ + 60^{\circ}\text{C}$

Carga Térmica: 4000 W

Segundo informações do estabelecimento, esse equipamento encontra-se desligado, uma vez que o supermercado não mantém alimentos quentes no local.



Fig. 74- Imagem do equipamento N

Dados técnicos:

Características Técnicas: Expositor Térmico Horizontal fechado
Possui 1 módulo de 1,875m.

Setor de alimentos quentes

Nome: Expositor frigorífico

Modelo: Torino Bakery PW

Temperatura de Operação indicado pelo fabricante é: $+45/ + 60^{\circ}\text{C}$

Carga Térmica: 4000 W

Segundo informações do estabelecimento, esse equipamento encontra-se desligado, pois, o supermercado não mantém alimentos quentes no local.

4.5.4 Demanda de Energia no Supermercado

A figura 75 apresenta um resumo do consumo de energia elétrica do supermercado do período de um ano. Nota-se que no mês de setembro/2011, a demanda registrada (KW) foi mais elevada em relação a Agosto /2011, fazendo com que se atualizasse o contrato de fornecimento de energia, passando da demanda de 150 KW para 160 KW.

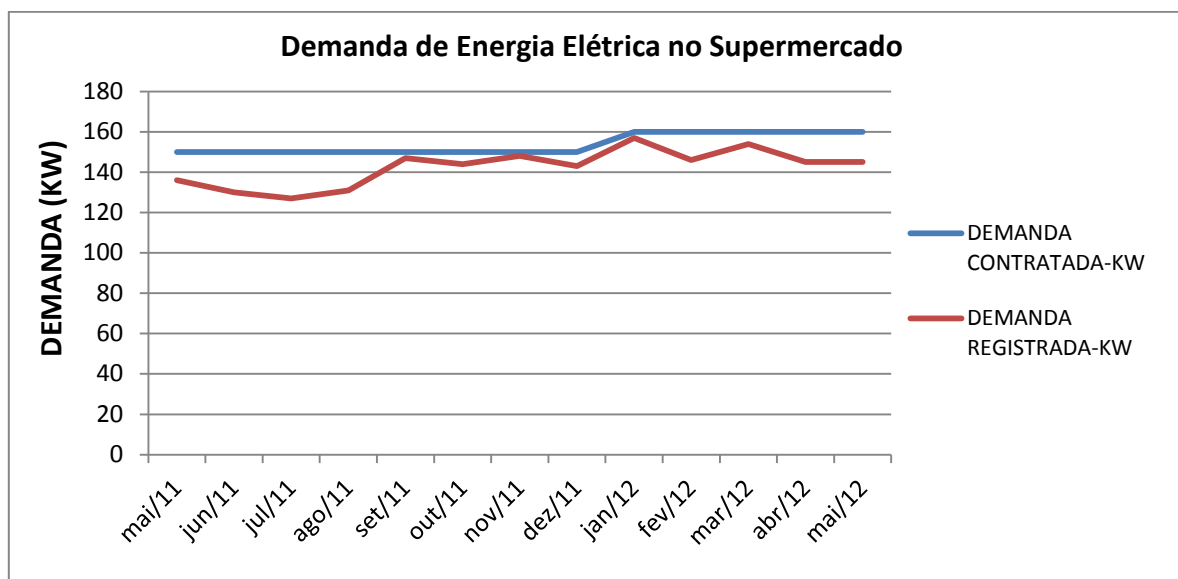


Figura 75 - Demandas Contratada, Registrada e Faturada no Supermercado da Pesquisa.

A figura 76 apresenta o comportamento típico de consumo diário de energia elétrica do supermercado de médio porte. O horário de funcionamento é das 7 horas da manhã até às 20 h:30min, e aos domingos até às 13 horas.

A figura 77 apresenta o comportamento de um dia de consumo de energia de um hipermercado de grande porte (Panesi, 2009). Nota-se que o maior pico de consumo é logo após a abertura do estabelecimento com acionamento de todos os componentes que consomem energia.

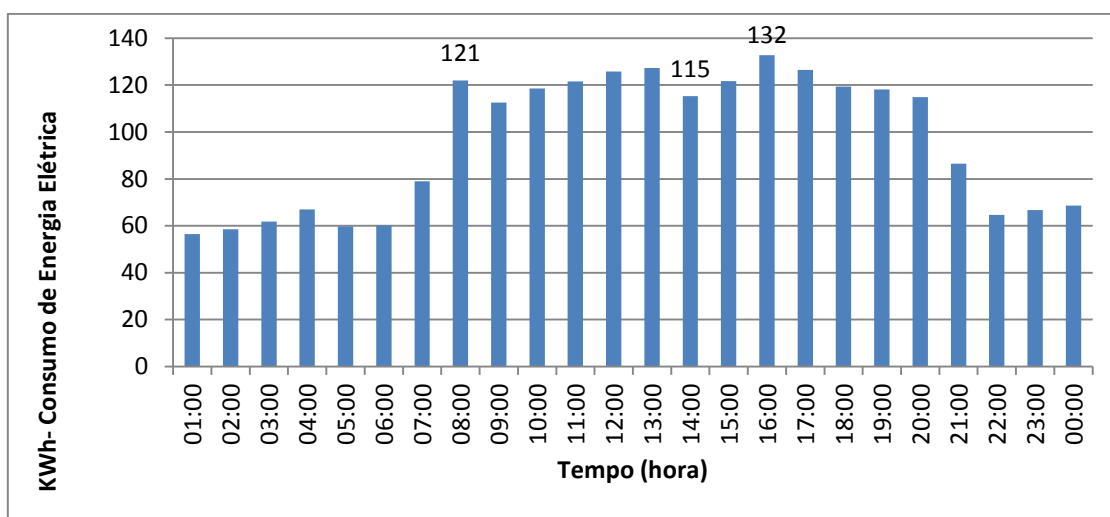


Figura 76 – Dados obtidos de um Dia de Consumo de Energia Elétrica no Supermercado de Médio Porte Estudado.

Ao comparar os dados das figuras 76 e 77, sobre o comportamento diário entre os dois estabelecimentos, mesmo sendo um deles de porte médio e o outro de grande porte, ou seja, um hipermercado com um supermercado nota-se certa semelhança na trajetória do consumo diário de energia. No período noturno, o consumo de ambos é menor; após a abertura, o consumo se eleva, com um pico maior. Entretanto, mesmo com certas semelhanças, o supermercado de porte médio pesquisado demonstrou maior irregularidade no comportamento durante o período de funcionamento, com picos de consumo mais elevados.

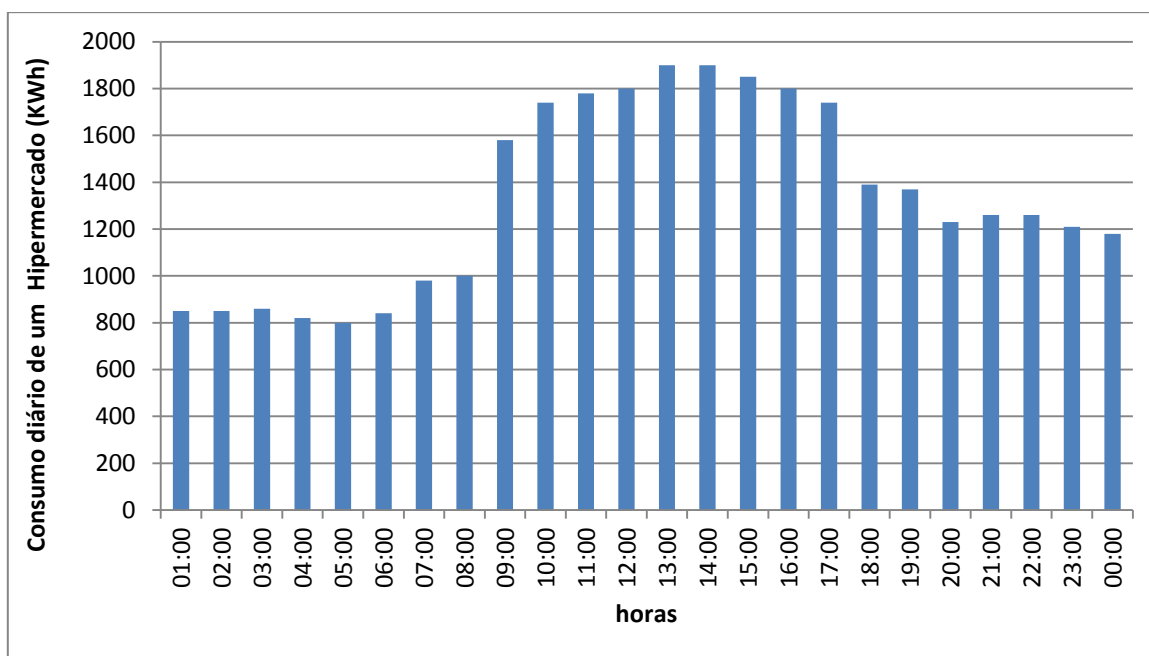


Figura 77- Controle de Demanda de um Dia de Consumo em um Hipermercado

Fonte: adaptada de Panesi (2009).

4.5.5 Consumo Médio de Energia e Temperaturas Médias Externas

A energia consumida no período de quinze dias foi comparada com a temperatura média diária do mesmo período da área externa do edifício.

Os dados das temperaturas foram adquiridos via site accuweather (2013) que fornece dados da temperatura diária. Foram analisados três grupos de cinco dias, com temperaturas médias diferentes, sendo o primeiro grupo de cinco (5) dias com temperatura média de 21,6 °C, de 27/02/2013 a 03/03/2013, o segundo com temperatura média de 27 °C, de 04/03 a 08/03/2013

e o terceiro grupo com temperatura média de 30,4 °C, nos dias 18, 19, 20, 28 e 29/03/2013. Os dados da temperatura média diária encontram-se na figura 78.

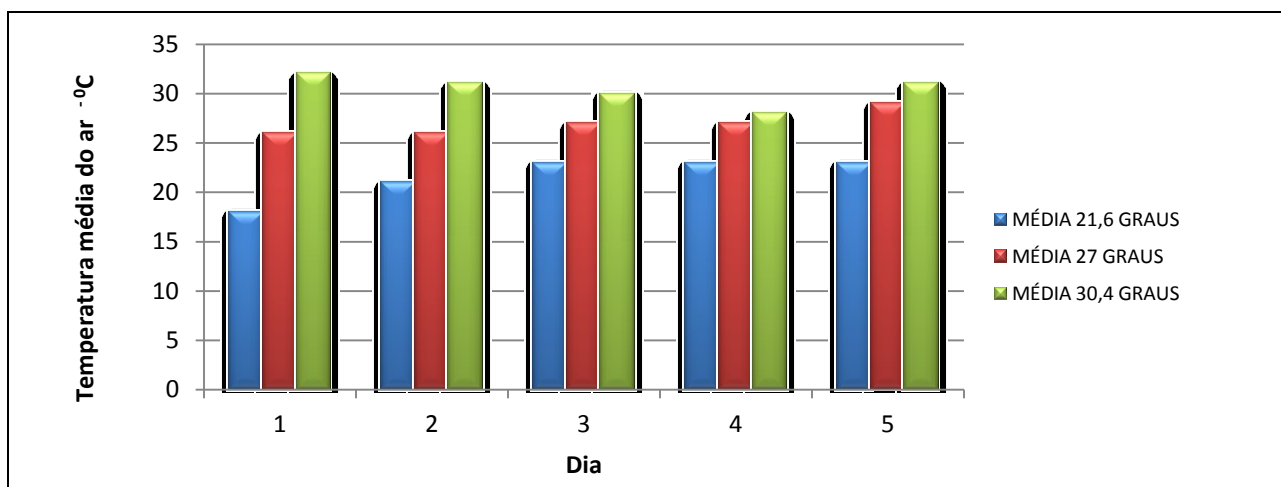


Fig. 78- Temperatura média diária para o conjunto de dias estudados
Fonte: Adaptado de Accuweather (2013)

Para cada grupo, foi comparado o consumo diário de energia elétrica no período de maior uso, isto é, das 08h00min às 20h30min, conforme Fig.79. Nota-se que o maior pico de consumo de energia se deu às 15 horas, no grupo com a temperatura média de 30,4°C.

Nos grupos com temperaturas médias de 21,6 °C e 30,4 °C, às 12 horas, observa-se um pico no consumo de energia elétrica. É interessante notar que para o conjunto de dias com temperaturas mais amenas, 21,6°C e 27,0 °C, às 15 horas, houve queda no consumo de energia, enquanto com temperatura mais elevada, o consumo nesse horário aumentou, conforme figura 79.

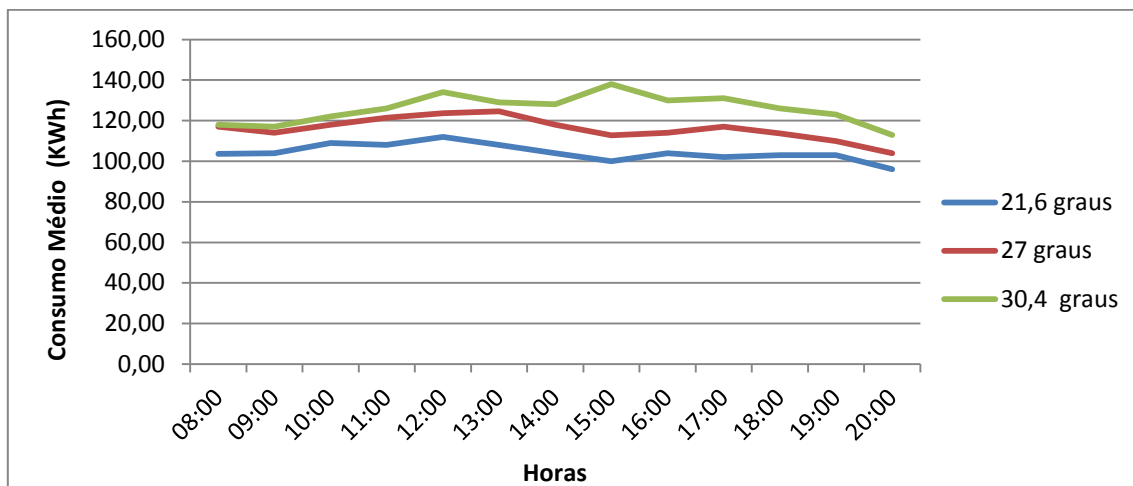


Fig. 79- Consumo Médio de Energia com Relação à Temperatura Externa

4.5.6 Consumo Médio de Energia nos Períodos Noturno e Diurno

Ao longo dos diversos grupos de dias com temperaturas médias diferentes, o consumo noturno de energia elétrica representa em torno de 37% do total diário. É interessante notar que essa proporção pouco varia entre os dias de maior ou menor temperatura.

Tabela 14- Consumo de Energia nos Períodos Noturno e Diurno

	Noite (KWh)	Dia (KWh)	Total (KWh)	% noturno	% diurno	Temp. média
Grupo 1	72,8	126,8	199,6	36%	63%	30,4 °C
Grupo 2	69	117	186	37%	63%	27,0 °C
Grupo 3	63,4	105	168,4	37%	62%	21,6 °C

O consumo médio de energia nos períodos diurno e noturno encontra-se na figura 80.

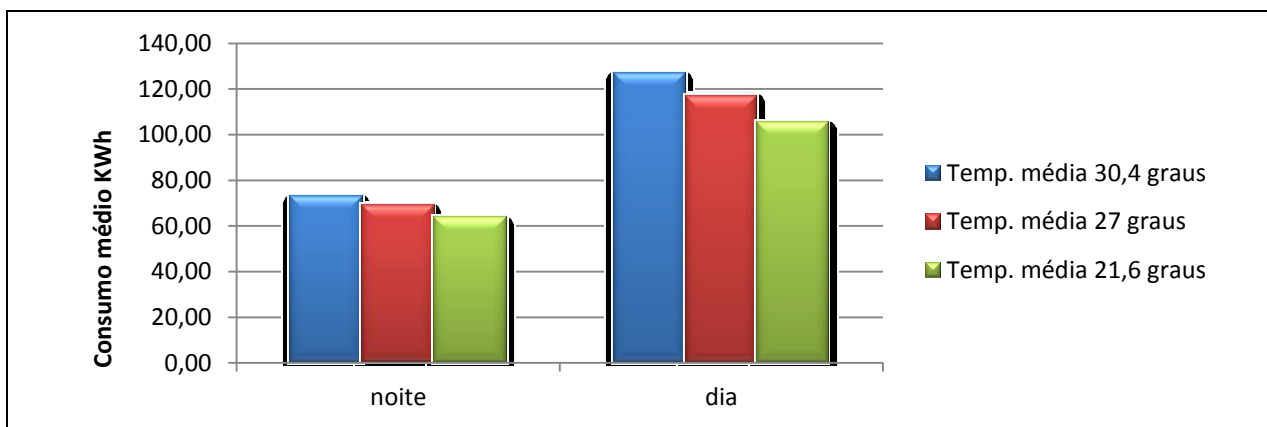


Fig. 80- Consumo Médio de Energia nos Períodos Diurno e Noturno

4.5.7 Correlação entre Consumo de Energia e Temperatura Média

A correlação entre o consumo de energia nos períodos diurno e noturno e ainda entre o consumo versus temperatura do ar encontra-se na tabela 15. Nota-se que há uma alta correlação entre o consumo nos dois períodos. Quanto se trata de temperatura e consumo a correlação também é muito alta.

Tabela 15- Correlação entre Temperatura Média do Dia e o Consumo de Energia Elétrica

Temperatura do ar média externa (°C)	Cons. Dia (KWh)	Cons. Noite (KWh)	Cons. Total (KWh)	CORRELAÇÃO			
				Consumo Diurno e noturno	Temp. e Consumo Total	Consumo Diurno e temp.	Consumo Noturno e temp.
30,4 °C	126,8	72,8	199,6	0,9986	0,9984	0,9974	0,9998
27,0 °C	117	69	186				
21,6 °C	105	63,4	168,4				

4.5.8 Consumo Médio de Energia Relacionado ao Número de Usuários

O consumo de energia elétrica do supermercado foi comparado também com a movimentação de usuários em diversos horários na área interna do estabelecimento, conforme dados da tabela 17.

Conforme dados da figura 79, o fator que mais influenciou no consumo de energia elétrica no supermercado foi à temperatura externa e não o número de usuários. Comparando o consumo de energia e o número de usuários, observa-se que não há relação entre o consumo horário e a

ocupação. Em contrapartida, o consumo de energia acompanha a variação da temperatura externa. Os dados dos usuários foram levantados nas entrevistas do mês de maio e novembro de 2011.

Tabela 16- Número de Usuários por Horário nos Meses de Maio e Novembro de 2011

INTERVALO	Horário	Total	(%)
	08- h	93	16%
	10 - h	89	15%
	12- h	113	20%
	14 - h	100	17%
	16 - h	88	15%
	18 - h	96	17%
Total de usuários		579	100%

4.5.9 Comparativo do balanço da carga térmica do sistema atual- misto (refrigeração de alimentos e condicionamento de ar) e o sistema separado (refrigeração exclusiva dos alimentos e condicionamento de ar do ambiente).

A carga térmica no supermercado com os equipamentos de refrigeração de alimentos é 255.813 BTU/h para refrigeração de alimentos. Esta carga térmica foi informada pela empresa fabricante e responsável pela instalação dos equipamentos refrigeradores de alimentos, ARNEG BRASIL LMDA, por ocasião do contrato firmado entre a mesma e o supermercado.

Os empresários do supermercado, na ocasião do levantamento do consumo de energia elétrica no estabelecimento, chamaram uma empresa de instalação de ar condicionado para estimar o potencial do consumo de energia para possível instalação de condicionadores de ar no ambiente de vendas. A estimativa de carga térmica para condicionamento do ar no local sugerida pela empresa foi de 600.000 BTU/h.

Com base nessas informações, simulou-se uma comparação entre a solução adotada pelo supermercado (sistema misto: refrigeração de alimentos e condicionamento de ar) e o sistema de equipamentos de ar condicionado mais refrigeradores de alimento (separado) (refrigeração exclusiva dos alimentos e condicionamento de ar do ambiente).

Para estimar a carga térmica do sistema separado, foram formulados três cenários quanto ao consumo noturno em relação ao consumo total. Tais cenários distinguem a carga térmica para refrigeração de alimentos daquela para condicionamento de ar. No cenário 1, admite-se que o período noturno responde por 37% da carga total de refrigeração, uma vez que: a) os equipamentos encontram-se tampados com lona térmica; b) não há usuários, e por consequência, não há abastecimentos/ renovação de alimentos; c) as temperaturas são mais amenas. O valor 37% é uma referência inicial com base nas medidas feitas no sistema atual conforme (tabela 15).

Ainda no cenário 1, para a carga térmica de condicionamento do ambiente, foi feita hipótese para o consumo noturno de 10% do consumo total. Essa hipótese baseia-se em: a) ambiente fechado, sem renovação do ar; b) temperatura mais baixa no período noturno; c) ausência de usuários (clientes e funcionários).

Os cenários 2 e 3 representam variações nos dois tipos de carga térmica em relação ao cenários 1. Os resultados da carga térmica total do sistema separado são apresentados na tabela 18, para os diferentes cenários.

Tabela 17- Comparativa de Estimativa de Carga Térmica

Cenário	Carga Térmica para Refrigeração Alimentos	Hipótese sobre % Consumo do Noturno/ total do dia	Carga Térmica p/ Condicionam. Ambiente	Hipótese sobre % Consumo do Noturno/ total do dia	Carga Térmica Total do período Noturno		Carga Total do período Diurno	
	BTU/h		BTU/h		BTU/h	W	BTU/h	W
1	255.813	37%	600.000	10%	154.651	45.297	701.162	205.370
2	255.813	50%	600.000	20%	247.907	72.612	607.907	178.056
3	255.813	60%	600.000	30%	333.488	97.679	522.325	152.989

A razão é facilmente compreendida, pois 70% da carga térmica total está sendo usada para condicionamento de ar e apenas 30% usada para refrigeração de alimentos. Isso devido ao fato da carga de condicionamento de ar representar 70% da carga total do supermercado. Assim, ao desligar no período noturno a carga de condicionamento, ou mesmo mantendo-a em 10% (cenário 1) isto representa grande economia.

Como se observa na tabela 17, a carga térmica no período noturno (em kW) é menor do que a demanda contratada (160 KW) do sistema atual (misto) para os três diferentes cenários. No entanto, a carga térmica do período diurno (ver tabela 17) só é menor do que a demanda

contratada no cenário 3. Assim, para se chegar a uma conclusão definitiva sobre os benefícios da separação (refrigeração mais condicionamento) em relação ao sistema atual, é necessário proceder a medições do consumo nos equipamento atuais de refrigeração de alimentos, comparando-se consumo noturno e diurno.

CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO

Esta pesquisa tratou do tema conforto térmico em edifício comercial e suas conexões com consumo de energia elétrica. Para estudo de caso foi escolhido um supermercado de médio porte na cidade de Campinas, SP.

O supermercado fonte de estudos *in loco*, se caracteriza por uma predominância de vendas de produtos hortifrutigranjeiros e produtos especiais como: comidas japonesas e produtos diferenciados, sendo muitos importados, além de produtos comuns de uso diário.

A metodologia empregada envolveu o monitoramento das variáveis ambientais tipicamente empregadas nos estudos de conforto térmico, tais como a temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do ar e temperatura média radiante. Com base nos trabalhos clássicos de Fanger (1970), tais variáveis permitiram, juntamente com os dados relativos às variáveis pessoais, calcular o Voto Médio Estimado e a Porcentagem Estimada de Insatisfeitos.

O trabalho e a metodologia foram aplicados em um estudo de caso que compreendeu: a) a avaliação da percepção de conforto térmico pelos usuários; b) o tratamento estatístico dos dados coletados; c) a análise dos equipamentos de refrigeração do ambiente; c) a análise da demanda de energia elétrica do estabelecimento comercial; d) o levantamento da curva de consumo diário de energia elétrica do estabelecimento; e) a análise da relação existente entre os dados de conforto e os dados de consumo de energia elétrica.

Observou-se que, em dois períodos com características climáticas distintas (outono e verão), mesmo com pequenas diferenças na temperatura do ar interno, é nítida a relação de desconforto térmico devido ao frio no mês de maio, o que se considera normal para o período do outono brasileiro. Em novembro, mesmo com o auxílio dos refrigeradores de alimentos para condicionamento no ambiente, houve leve tendência ao desconforto devido ao calor, o que pode ser considerado normal para o período do verão.

A análise dos resultados de conforto térmico permitiu identificar a percepção térmica e o nível de satisfação dos usuários, tanto de funcionários quanto dos clientes do supermercado. Os resultados indicam que no mês de maio, 86% dos entrevistados preferiam o ambiente sem alteração e se sentiam confortáveis, ao passo que na área próxima dos refrigeradores 55% dos

entrevistados preferiam o ambiente sem alteração e 32% preferiam o ambiente um pouco mais quente. As maiores insatisfações com relação às temperaturas do ar estão nos usuários que trabalham no local, os funcionários, que permanecem no mesmo por longos períodos. A insatisfação é mais acentuada nos usuários do gênero feminino, com maior índice de desconforto térmico, tanto para o calor quanto para o frio.

Quanto ao consumo de energia elétrica, os dados não mostraram relação entre o consumo de energia e o número de usuários, uma vez que não há aglomeração de pessoas. O fator que mais influenciou no consumo de energia elétrica no supermercado é a temperatura do ar externo e não o número de usuários, pois este varia pouco no decorrer do dia, ao contrário da temperatura do ar.

A substituição do sistema atual de condicionamento de ar pelo sistema de refrigeração de alimentos (ou seja, sistema misto) poderá ser vantajosa sob o aspecto do consumo de energia elétrica, com base em medidas do consumo noturno e diurno dos equipamentos de refrigeração de alimentos.

É importante destacar que a análise das condições ambientais do edifício de supermercados pode contribuir para os estudos de conforto térmico e eficiência energética de ambientes dessa natureza, uma vez que foi reconhecida na revisão bibliográfica a ausência de estudos referentes a esses estabelecimentos comerciais. Pode contribuir, também, para a adequação ambiental desses ambientes, propiciando melhores condições de trabalho aos funcionários.

Para trabalhos futuros sugere-se: a) medir o consumo de energia dos refrigeradores de alimentos no período noturno e diurno; b) estabelecer uma relação entre o consumo de energia elétrica dos equipamentos refrigeradores de alimentos e de condicionadores de ar para os dois períodos, para uma posterior tomada de decisão a respeito de uma possível substituição dos sistemas misto, para condicionadores do ar no local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAS- Associação Brasileira de Supermercados. www.abrasnet.com.br, 2013

ABNT (2005) Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos- Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social: Rio de Janeiro, 2005.

ABNT (2008) NBR 15575: Desempenho de Edifícios de até Cinco Pavimentos: Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro.

ACHÃO, C. da C. L. Análise de Decomposição das Variações no Consumo de Energia Elétrica no Setor Residencial Brasileiro. Tese de Doutorado, UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro, 2009.

ACCUWEATHER. Temperatura Diária para a Cidade de Campinas.

<http://www.accuweather.com/pt/br/campinas/45883/march-weather/45883?monyr=> Acessado em 3/1/2013.

AGOPYAN, V.; JOHN, V. M; JOSÉ GOLDEMBERG, coordenador. O desafio da sustentabilidade na construção civil: volume 5. Blucher, São Paulo, 2011.

ALVAREZ, A. L. M. Uso racional e eficiente de energia elétrica: metodologia para a determinação dos potenciais de conservação dos usos finais em instalações de ensino e similares. Dissertação de Mestrado Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.

ASHRAE – AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. ASHRAE Handbook – Fundamentals. p. 30.12. Atlanta, 2005.

ASHRAE – AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS, ASHRAE 55; Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta, 2004.

ASHRAE –AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS: Handbook of Fundamentals, Atlanta, 2002.

ANDREASI, W. A.; Método de avaliação de conforto térmico em região de clima quente e úmido do Brasil [tese] 204p Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Florianópolis, SC, 2009.

ARAÚJO, V. M. D. Estudos da Aplicabilidade da Norma ISO 7730 na Avaliação das Condições Térmicas dos Usuários das edificações em Natal-RN. Congresso Latino-Americano-TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS. Solução para o Terceiro Milênio. Escola Politécnica da USP- Depto. de Engenharia de construção Civil- PCC-USP; São Paulo, Nov.1998.

ANVISA. Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003.

<http://portal.anvisa.gov.br/wps/content/Anvisa+Portal/Anvisa/Inicio/Servicos+de+Saude/Assunto+de+Interesse/Arquitetura+e+Engenharia/Normas>. Acessado em Agosto de 2012.

AZEVEDO, W.; FURLAN, J. E. Disciplina: Sistemas Mecânicos. Depto: Mecânica. Faculdade de Tecnologia de São Paulo- Fatec. SP. 2000. No -da Apostila – 60 - Assunto: Sistemas mecânicos. <http://pt.scribd.com/doc/51123639/5/CONFORTO-TERMICO>

BLAIN, G. C.; BRUNINI, O. IAC. Revista Brasileira de Meteorologia; Caracterização do Regime de Evapotranspiração Real, em escala Decendial no Estado de São Paulo; vol.22, no. 1, pag. 75-82; São Paulo, 2007.

BUARQUE, D. G1, em São Paulo. 26/10/2011 07h00- Atualizado em 26/10/2011 13h25 - População mundial chega a 7 bilhões de pessoas, diz ONU- <http://g1.globo.com/mundo/noticia/2011/10/populacao-mundial-chega-7-bilhoes-de-pessoas-diz-onu.html>. Acessado dia 14/02/2012.

BRAGER, G.S.; DE DEAR, R. Thermal Adaptation in the Built Environment: a Literature Review; Energy and Buildings, Vol. 27, No. 1, pp., 83-96. 1998.

BRAGER, G.S.; DE DEAR, R. Climate, Comfort & Natural Ventilation: A New Adaptative Comfort Standard for ASHRAE Standard 55. Paper -Center for the Building Environment. University of California, Berkeley, 2001.

CARMO, A. T.; PRADO, R.T.A. Qualidade do Ar Interno. Texto técnico; Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP. Departamento de Engenharia de Construção Civil; São Paulo, 35p. 1999.

CARRIÉRES, K. R. M. Desempenho Térmico e Consumo Energético de Edifícios de Escritórios em São Carlos, SP. Dissertação. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo. 2007.

CÉO, A. S; GRIMONI, J. A.B; RIBEIRO, F. S; UTAETA, M. E. M. Usos da Energia. In: GRIMONI, J. A.B; GALVÃO, L. C. R; UTAETA, M. E. M. (Orgs), Iniciação a Conceitos de Sistemas Energéticos para o Desenvolvimento Limpo; Editora da Universidade de São Paulo; São Paulo, 2004.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGIAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA (CEPAGRI). Dados Diários do Clima de Campinas <Http://www.cpa.unicamp.br/index.html>. Acesso em dez. 2011.

CHARLES, K.E.; Fanger's Thermal Comfort and Drought Models. Institute for Research in Construction National Research Council of Canada. IRC Research Report RR-162 Ottawa, K1A 0R6, Canada. 2003.

CHVATAL, K. M. S.; LABAKI, L. C.; KOWALTOWSKI, D. C. K. Aplicação de Métodos de Análise Climática para a Cidade de Campinas, SP, Visando à Adequação da Arquitetura ao Clima. NUTAU, 1998.

CHVATAL, K. M. S.; LABAKI, L. C.; KOWALTOWSKI, D, C. K. Caracterização de Climas Compostos e Proposição de Diretrizes para o Projeto Bioclimático: O Caso de Campinas. V

Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e II Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído; Fortaleza, CE, 1999.

CHVATAL, K. M. S.; LABAKI, L. C.; KOWALTOWSKI, D, C. K. Estudo do Clima de Campinas: A Dificuldade de Caracterização e Proposição de Recomendações de Projeto Para Climas Compostos. Entac, 2000. Salvador, BA; Vol.II, p.1274/1282.

CHVATAL, K. M. S. A prática do projeto arquitetônico em Campinas, SP e diretrizes para projetos de edificação adequados ao clima. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil. Campinas, SP, 1998.

DEGANI, C. M.; CARDOSO, F. F. A sustentabilidade ao longo do ciclo de vida de edifícios: a importância da etapa do projeto arquitetônico. In: NUTAU / USP, São Paulo, SP. 2002.

DE DEAR, R.; BRAGER, G.; COOPER, D. Developing an adaptive model of thermal comfort and preference. Final Report ASHRAE RP-884, 1997.

EVANS, J. M. Evaluating Comfort with Varying Temperatures: a graphic design tool. Energy and Buildings, vol. 35 pp 87-93. 2003.

EVANS, J. M. The Comfort Triangles: Influence of temperature swing on comfort with artificial cooling, natural conditioning and mixed mode systems. Proceedings of the Air Conditioning and the low carbon Cooling Challenge, Cumberland Lodge, Windsor, UK; July 27-29. 2008

EVANS, J. M. The Comfort Triangle: A new tool for bioclimatic design. 2007. Ph.D. Dissertation, Delft University of Technology, Delft. 2007.

Empresa de Pesquisa Energética – EPE; Nota Técnica DEA 03/2011- Projeção da Demanda de Energia Elétrica para os próximos 10 anos (2011-2020) www.epe.gov.br. Acessado em junho de 2012.

FANGER, P.O.; Thermal Comfort; Copenhagen: Danish Technical Press, 1970. 244p.

FONSECA, I. C. L da, ALMEIDA, C.C.R.; LOMARDO, L.L.B.; MELLO, E.N. Avaliações de Conforto Ambiental e Eficiência Energética do Projeto do Prédio do Centro de Informações do Cresesb, no Rio de Janeiro. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 41-58, abr./jun. 2010.

GARROCHO, J. S; AMORIM, C. N. D. Luz Natural e Projeto de Arquitetura: Estratégias para Iluminação Zenital em Centros de Compras; Anais da I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído-ENTAC, São Paulo, 2004.

GARNICA, M. B.; LAMBERTS, R. Diretrizes construtivas utilizando o zoneamento bioclimático Brasileiro. Apresentação da disciplina ECV5161, disponível em: http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV5161_Zon_Bioclimatico_0.pdf, Laboratório de eficiência Energética em edificações. Universidade Federal de Santa Catarina.

GHISI, E.; WESPHAL, F. S; LAMBERTS. R. Determinação do consumo de eletricidade e da potencia de equipamentos através de medidor portátil. LABEEE- Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, UFSC; 2010.

GIVONI, B.; Man climate and architecture; 2nd ed. (Architectural science series), 1976.

GIVONI, B. Comfort, climate analysis and building design guidelines. In: Energy and Building, vol. 18, July/1992, p 11-23.

GIVONI, B.; Climate Considerations in Buildings and Urban Design; John Wiley&Sons, 1998, 464p.

GIVONI, B.; Noguchi, M.; Issues and problem in outdoor comfort research, in Proceedings of the PLEA Conference, Cambridge, UK, July 2000.

GOMAZAKO, M. S. Conservação de energia em edifícios comerciais através da implementação de dispositivos de automação. Tese (Doutorado) Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo Campinas, SP,2007.

GOULART, S. V. G; LAMBERTS, R.;FIRMINO, S. ;Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 Cidades Brasileiras – 2nd. Ed.; Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 1998.

GOULART, S. V. G; LAMBERTS, R. Levantamento da experiência internacional- experiência nos Estados Unidos Florianópolis, 2005. Relatório Técnico do LabEEE, 2005.

GOMES, D. R.; SPERANDIO, H. V.; GUIMARÃES, P. P.; FIEDLER, N. C. Análise Ergonômica do Posto de Trabalho de Operadores de Caixa no Supermercado BC, em ALEGRE-ES. XIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e X Encontro Latino Americano de Pós-Graduação- Universidade do Vale do Paraíba. 2010.

GBC- GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL - www.gbcbrasil.org.br. Acessado dia, 16/10/2012.

INMETRO (2009); RTQ-C: Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, Brasília, DF.

INMETRO (2009). RTQ-R: Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de edifícios Residenciais; Brasília, DF.

HUMPHREYS, A.M; RIJAL, B. H B; NICOL, F. J.; Examining and developing the adaptive relation between climate and thermal comfort indoors. Proceedings of Conference: Adapting to Change: New Thinking on Comfort Cumberland Lodge, Windsor, UK, 9-11 April 2010. London: Network for Comfort and Energy Use in Buildings. London, 2010.

IIDA, I. Ergonomia- Produção e projeto. Editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo. 1992. 462p. IBGE, População de Campinas. <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=350950>. Acessado em Dez. de 2011.

INTERNATIONAL ORGANISATION FOR STANDARDISATION, Geneva. ISO 7730. Moderate Thermal Environments-Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort. Geneva, 1994.

INTERNATIONAL ORGANISATION FOR STANDARDISATION. NEN-EN-ISO 7730 (en).Ergonomics of the thermal environment -Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria (ISO 7730:2005,IDT).Nederlandse, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, **ISO 7726 (1998)**; Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities. Genebra. 1998.

JOHN, V.M.; Conservação de Recursos Materiais. In: JOHN, V. M.; RACINE, T. A. P. (Orgs) Boas práticas para habitação mais sustentável. Páginas & Letras - Editora e Gráfica, São Paulo, 2010.

JOHN, V, M. Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento.;São Paulo: Edusp, 2000.

KESSLER, M. R. B.; NICOL, J. F.; HUMPHREYS, R. M. A. Indoor Air Temperature Standards for the Climatic Regions of Brazil. NUTAL 1998.

KINSEL, L. S. Avaliação do conforto e da energia em edifícios de Porto Alegre. Dissertação de Mestrado em Arquitetura – programa de Pesquisa e pós-graduação em arquitetura (PROPAR) – Universidade do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto alegre, 2009.

KOWALTOWSKI, D.C.C.K.; LABAKI, L. C.; PAIVA, V.T. de; BIANCHI, G. MOSCH, M. E. Ensino de Projeto Bioclimático: O Papel dos Problemas e Restrições no Processo Criativo. ENCAC, 2007. IX Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído- Ouro Preto, 08 a 10 de Agosto de 2007.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; CELANI, M.G.C.; MOREIRA, D, C.; PINA, S. A. M.; RUCHEL, R.C.; SILVA, V.G.; LABAKI, L. C.; PERECHE, J. R. D. Reflexão sobre Metodologias de Projeto Arquitetônico; Ambiente Construído, Porto Alegre, 19, abr./jun. 2006. v. 6, n. 2, p. 7.

KUCHEN, E.; FISCH, M. N.; GONZALO, G. E.: NOZICA, G. N. Predição do índice de conforto térmico em edifícios de escritório na Alemanha. Ambiente Construído, Porto Alegre, jul./set.2011. v.11, n.3, p.39-53.

LAMBERTS, R.; TRIANA, M. A. Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. Projeto FINEP 2386/04; São Paulo, 2007.

LAMBERTS, R., DUTRA, L., PEREIRA, F. O. R. Eficiência Energética na Arquitetura. PW Editores, São Paulo, 188p. 1997.

LAMOTA, M. G; LABAKI, L, C. Estudos do Clima de Campinas: A dificuldade de Caracterização e proposição de recomendações de Projetos para Climas Compostos. 60ª Reunião Anual da SBPC, Campinas-SP, 2008.

LEE, A. S.; WESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, R. Verificação da Eficiência Energética de um Edifício de Escritório Através de Simulação Computacional: Estudo de Caso no Departamento de Engenharia Civil da UFSC. VI Encontro Nacional e III Encontro Latino Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. ENCAC. São Pedro, SP, Brasil- 11 a 14 de novembro de 2001.

LEED, http://www.businessreviewbrasil.com.br/business_leaders/dobra-numero-de-construcoes-sustentaveis-no-pais. Simone Talarico. Dez/ 2012. Acessado em Jan. de 2013.

LOMARDO, L. L.B.; LAMBERTS, R. THOMÉ, M. O potencial de conservação de energia elétrica financeiramente viável em edifícios públicos e comerciais do Brasil: demonstrações de Retrofit. In: Anais do III Congresso Brasileiro de Planejamento Energético: Novo Setor Energético - modelos, regulamentação e competitividade; São Paulo, 1998.

LOURA, R. M.; ASSIS, E. S. Variáveis e Critérios para Avaliação de Desempenho Termo-Energética: Estudo de Caso. In: Anais do Congresso Brasileiro de Eficiência Energética (CBEE), I, Belo Horizonte, 2005.

MATOS, C. R.; VALENTE, S. O Efeito da Ventilação Natural na Qualidade do Ar Interior e na Eficiência Energética dos Edifícios. Dissertação- Curso de Sistemas Energéticos. Departamento de Ambiente e Ordenamento: Universidade de Aveiro, Portugal, 2009. 109 p.

MASCARÓ, L. R. Energia na Edificação; São Paulo, Ed. Projeto, 1991.

MASCARENHAS, A.C. R; D'ALCANTARA, A.; NERY, J. M. F. G.; FREIRE, T. M. M. Conservação de Energia em Edificações Comerciais da Cidade de Salvador. In: Anais do III Encontro Nacional e I Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. ENCAC. 1995. P 421-426. Gramado, RS.

MANGIAPELO, L. B.S, FRANCATO, A. L; ANDREASI, W. A. Avaliação da Eficiência Energética nos Sistemas de Iluminação Natural e Artificial em dois Hipermercados. IV CBEE- Congresso Brasileiro de eficiência Energética. Juiz de Fora, MG. 2011.

MANSOUREH, T. Effect of appropriate design on success of passive ventilated cooling: Case study of a semi-tall building in Tehran. Proceedings, Conditioning and the low carbon Cooling Challenge, Cumberland Lodge, Windsor, UK; London: Network for Comfort and Energy Use in Buildings, 2008.

MARQUES, T. H.T; REGOLÃO, R.; CHVATAL, K, M, S. Aplicação de ferramentas simplificadas de projetos voltados ao desempenho térmico em uma habitação de interesse social; Anais do 2º. Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído. X Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de projeto na Construção de Edifícios. 03 e 04 de Novembro, Rio de Janeiro, Brasil. 2011.

MARCONDES, M. P.; MUELLER. C. M.; BRANDÃO; PRATA, A. R.; BRUNILLI, G.; BENEDETTO, G.; GONCALVES, J. S.; DUARTE, D. H. S.; FROTA, A. B. Conforto e Desempenho Térmico nas Edificações do Novo Centro de Pesquisas da Petrobras no Rio de Janeiro. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 7-29; Porto Alegre, 2010.

MILNE, M; GIVONI, B; In WATSON, D. Energy Conservation through Building Design (Cap. 6) – 1979.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 3523/98; acessada de <http://www.anvisa.gov.br/faqdinamica/index.asp?Secao=Usuario&usersecoes=30&userassunto=123>

MOTTA, S.R. F.; AGUILAR, M.T.P. Sustentabilidade e Processo de Projetos de Edificações. Gestão & Tecnologia de Projetos, Maio de 2009. vol. 4 nº1.

MORELLI, D. D. O. Paredes Verdes: vegetação como qualidade ambiental no espaço construído; Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Unicamp, Campinas, SP, 2009.

NBR 15220-3 – Desempenho térmico de edificações unifamiliares-Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

NEWSHAM, G. R.; BIRT, S. M, B. J. Do LEED-certified buildings save energy? Yes, but. Energy and Buildings. Elsevier. National research Council Canada. – Institute for Research in Construction, Ottawa, Canada. 2009

NÓBREGA, R.S.; LEMOS, T.V.S. O Microclima e o Desconforto Térmico em Ambientes Abertos na Cidade de Recife; Revista de Geografia (UFPE) v. 28, No. 1. Recife, 2011.

NOGUCHI. M.; GIVONI, B. Outdoor comfort as a factor in sustainable towns, in: Proceeding of the Second International Conference for Teachers in Architecture, Paper 3.01, Florence, Italy, October; 1997.

OLIVEIRA, M. C. A. Os Primeiros Estudos Sobre Conforto Térmico no Brasil A Contribuição de Paulo Sá. Dissertação; Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 2005.

OLIVEIRA, M. C. A.; LABAKI, L, C. Os Primeiros Estudos Sobre Conforto Térmico No Brasil: A Contribuição de Paulo Sá- ENCAC 2001- VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. ANTAC. São Pedro, SP, 11 a 14 de Novembro de 2001.

OROSA, J. A; OLIVEIRA, A. C. Energy saving with passive climate control methods in Spanish office buildings. *Energy and Buildings*; Volume 41, Issue 8, pp 823-828; August 2009.

PASQUOTTO, G B; SALCEDO, R, F, B; FONTES, M. S. G. C. Conforto Térmico em Ambientes Escolares nos Períodos de Verão e Inverno: Uma análise qualitativa e quantitativa do centro de convivência infantil da UNESP-Bauru. In: ENCAC. 2007. Anais do IX Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Ouro Preto; 2007. p. 1376-1384. CD.

PASQUOTTO, G. B; FONTES, C., M. S. G. Percepção Térmica dos Usuários de Centro de Convivência Infantil da UNESP/Bauru no Período de Inverno: Uma Comparação entre os dados reais e os calculados; Anais do III Congresso Interno de Iniciação Científica; Bauru, 2006.

PANESI, A. R. Q. Eficiência energética em supermercados; II Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais- 14 e 15 de Agosto de 2009.

BRASIL; Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços Públicos. RTQ-C; 2009. v2. 2009

Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético: Conceitos e Opções para a Determinação de Poupança de Energia e de Água; volume 1- preparado pela Efficiency Valuation Organization. Site: www.evo-world.org. Abril, 2007.

PROCEL-Resultados 2011- Ano-base 2010. <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=acessado> dia 03/03/2013

PROCEL – Eletrobrás. Relatório da Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso – Classe Comercial - AT – Supermercados / Hipermercados. 2005.
<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=Acessado> em 20/09/2012.

Refrigeração Multimarca <http://www.armultimarcas.com.br/arcondicionado/qual-o-consumo-de-um-a.php> - Acessado dia 11/06/2011.

RORIZ, M. Classificação Bioclimática dos Municípios Brasileiros; UFSCAR. São Carlos, SP. 2004. <http://www.labee.ufsc.br/downloads/softwares/zbbbr>. Acessado em Outubro de 2012.

ROMERO, M. A. B. Desenho da Cidade e Conforto Ambiental. Faculdade de Arquitetura da Universidade de Brasília, 2004.

RUAS, A. C. Conforto Térmico nos Ambientes de Trabalho; Fundacentro - Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. Campinas, SP São Paulo: 94p. 1999.

RUAS, A. C. Sistematização da avaliação de conforto térmico em ambientes edificados e sua aplicação num software. Tese de Doutorado, Campinas, SP. 2002. 182p. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo; Universidade Estadual de Campinas, 2002.

SANTAMOURIS, M. Energy and Climate in the Urban Environment; James& James, Londres, 2001.

SANTAMOURIS, M.; ASIMAKOPOULOS, D.; Passive Cooling of Buildings; Londres: James & James, 472 p.; 2001.

SANTOS, P. R. Avaliação de demanda e consumo de energia elétrica em apartamentos residenciais: o caso da cidade de Campinas, SP. Dissertação. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas, SP. 2006.

SCHILLER, G.; ARENS, E; BAUMAN, F; BENTON, C; FOUNTAIN, T; DOHERTY, T ; CRAIK, K. A field study of thermal environments and comfort in office buildings: final report, ASHRAE 462- RP. Center for Environmental Design Research, University of California, Berkeley, CA, January, 1988.

TOLEDO, L. M. A. Uso de Energia Elétrica em edifícios Públicos e Comerciais na Cidade de Florianópolis. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós- Graduação em engenharia Civil, UFSC. Florianópolis, SC. 1995.

TOLEDO, L.M. A; LAMBERTS, R. PIETROBON, C. E. Influência de Características Arquitetônicas no Consumo de Energia Elétrica de Edifícios de Escritórios de Florianópolis. III Encontro Nacional e I Encontro Latino-Americano de Conforto no ambiente construído. Gramado, RS, 4 a 7 de Julho de 1995.

TRIANA, M. A.; LAMBERTS, R. Metodologia de avaliação Ambiental Brasileira para o Setor Residencial: Eficiência Energética. IX Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. ENCAC. 08 a 10 de Agosto, Ouro Preto, 2007.

VASCONCELLOS, A. B; SILVA, L.O.DIAS, B. S.J; MALHEIRO, T.I.R.C; BARROS, R.S; OCHIUTO, M.S. Redução do consumo de energia em aparelhos de ar condicionado, Revista Eletricidade Moderna. Editora Aranda; ano 39. nº 450, pgs 138- 148; Setembro de 2011.

VOLTANI, E. R. Avaliação do conforto térmico em indústrias de calçados Campinas, SP: [s.n] 2009.

XAVIER, A. A. P; LAMBERTS, R. Proposta de Zona de Conforto Térmico Obtida a Partir de Estudos de Campo em Florianópolis. V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e II Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. Fortaleza, 1999.

ZHAO, JING; WU, YONG; ZHU, NENG. Implementing Effect of Energy Efficiency Supervision System for Government Office Built Dings and Large-scale Public Buildings in China. Energy Policy, 37, p. 2079-2086, 2009.

ZALESKI, C. B. Materiais e conforto: Um estudo sobre a preferência por alguns materiais de acabamento e sua relação com o conforto percebido em interiores residenciais da classe média de Curitiba. Dissertação. Universidade Federal do Paraná- Programa de Pós Graduação em Construção Civil. Curitiba, PR. 2006.

ZOGRAFAKIS, N; KARYOTAKIS K; TSAGARAKIS K. P. Implementation conditions for energy saving technologies and practices in office buildings: Part 1. Lighting. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Science Direct. Volume 16, Issue 6, PP. 4165-4174, August 2012.

WEI, S.; BUSWELL, R; LOVEDAY, D. Probabilistic modelling of human adaptive behavior in non-air conditioned buildings. Proceedings of Conference: Adapting to Change: New Thinking on Comfort Cumberland Lodge, Windsor, UK, 9-11 April 2010. London: Network for Comfort and Energy Use in Buildings, 2010.

APÊNDICE A



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA e URBANISMO- UNICAMP

Local- SUPERMERCADO- FRUTARIA RIO DAS PEDRAS

Questionário de Avaliação Térmica

Data: __/__/__ Horário: _____ Ponto de Medição _____

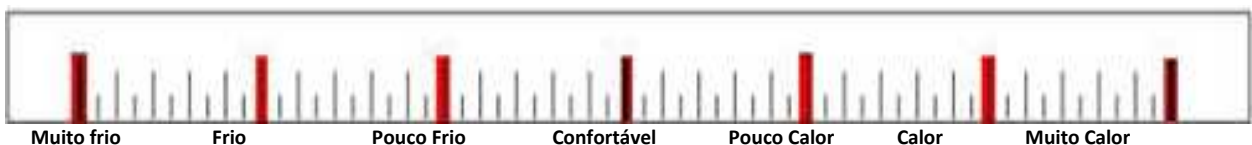
ATIVIDADE

() sentado/lanchonete () sentado trabalhando () em pé (atividade leve) () em pé atividade média () empurrando carrinho () carregando mercadoria, organizando mercadoria, outros _____
() caminhando () em pé conversando

DADOS PESSOAIS

Sexo: M () F () Peso: _____ Altura: _____ Idade: _____ anos

1) Marque com uma reta vertical em qualquer lugar da régua, a sua sensação térmica neste momento.



2) Como voce preferia que estivesse a temperatura neste ambiente agora?



VESTUÁRIO

() uso diário () de trabalho

() camiseta manga curta al () camiseta s/ manga al () camiseta regata () camiseta tecido sintético () camiseta pólo () camisa social/ m/longa () camisa social m/ curta
() bermuda curta () bermuda no joelho () calça jeans () calça tecido leve () terno
() vestido m/curta () vestido m/ longa () vestido até joelho () vestido abaixo joelho () saia longa () saia curta () shorts () calça t. comprida leve () calça jeans () jaqueta jeans () jaqueta tecido leve () blusa longa c/renda ()

() chinelo () sandália () sapato social () tênis e meia esporte () calçado camurça

() meias calça fina () meia calça grossa () meia ¾ outras: _____

() casaco (lã, couro, outro) () sobretudo () luvas, outros _____

