

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**CONFORTO E DESEMPENHO TÉRMICO EM  
HOSPITAIS: ESTUDO DE CASO NA ÁREA DE  
INTERNAÇÃO DO HOSPITAL UNIVERSITÁRIO DE  
SANTA MARIA/RS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Sheila Comiran**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2014**



**CONFORTO E DESEMPENHO TÉRMICO EM HOSPITAIS:  
ESTUDO DE CASO NA ÁREA DE INTERNAÇÃO DO  
HOSPITAL UNIVERSITÁRIO DE SANTA MARIA/RS**

**Sheila Comiran**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Área de Concentração em Construção Civil e Preservação Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia Civil e Ambiental**

**Orientador: Prof. Dr. Joaquim Cesar Pizzutti dos Santos**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2014**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Comiran, Sheila

Conforto e desempenho térmico em hospitais: estudo de caso na área de internação do Hospital Universitário de Santa Maria/RS / Sheila Comiran.-2014.

154 p.; 30cm

Orientador: Joaquim Cesar Pizzutti dos Santos

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, RS, 2014

1. Conforto térmico 2. Desempenho térmico 3. Arquitetura hospitalar I. Santos, Joaquim Cesar Pizzutti dos II. Título.

---

© 2014

Todos os direitos autorais reservados a Sheila Comiran. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: scomiran@yahoo.com.br

---

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado**

**CONFORTO E DESEMPENHO TÉRMICO EM HOSPITAIS:  
ESTUDO DE CASO NA ÁREA DE INTERNAÇÃO DO HOSPITAL  
UNIVERSITÁRIO DE SANTA MARIA/RS**

elaborada por  
**Sheila Comiran**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia Civil e Ambiental**

**COMISSÃO EXAMINADORA**

**Joaquim Cesar Pizzutti dos Santos, Dr.**  
(Presidente/Orientador)

**Eduardo Grala da Cunha, Dr. (UFPel)**

**Marcos Alberto Oss Vaghetti, Dr. (UFSM)**

Santa Maria, 27 de fevereiro de 2014.



Dedico este trabalho a todas as pessoas que lutam por um sistema público de saúde com qualidade.



## AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, que é bonita...

Aos meus pais Antônio e Ignez, à minha vó Ilma, aos meus irmãos Gisele e Eduardo por acreditarem em mim e pelo apoio e amor incondicional de todas as horas.

A minha irmã Gisele pela ajuda e correções em todas as fases do trabalho.

A minha amiga e colega Priscila pela inspiração.

Ao meu orientador Joaquim por ter aceitado o desafio.

Aos colegas do mestrado pelo companheirismo e amizade durante este período. Em especial a Ana Maria, Émille, Gabriela e Renata pela parceria, palavras de apoio e muitas risadas, as quais se tornaram grandes amigas.

Às minhas lindas amigas, mulheres maravilhosas, Cláudia, Flávia e Luciane, por tudo que representam.

À Giana, à Roberta e à Liege por todo apoio, colaboração e amizade, vocês foram fundamentais neste trabalho.

A minha “mãe adotiva” Dadá e a minha amiga irmã Ana Maria por me receberem com tanto carinho, pelo cuidado e apoio na reta final. Sem vocês seria tudo muito mais difícil.

Aos meus colegas do Escritório da Cidade e da Prefeitura pelo apoio e conselhos nos momentos de angústia, pela compreensão dos meus humores e pela amizade.

Aos funcionários do HUSM que me ajudaram sempre que precisei e permitiram a realização deste trabalho.

Ao HUSM por ter aceitado meu trabalho e concedido bolsa para o desenvolvimento do mesmo.

A cada paciente e acompanhante que carinhosamente me receberam e, a cada medição, se mostravam curiosos e interessados no trabalho. Em especial ao Tim meu colega, paciente e ajudante.

Amo todos vocês!



“Meu trabalho não tem importância, nem a arquitetura tem importância pra mim. Para mim o importante é a vida, a gente se abraçar, conhecer as pessoas, haver solidariedade, pensar num mundo melhor, o resto é conversa fiada.”

*(Oscar Niemeyer)*



## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental  
Universidade Federal de Santa Maria

### **CONFORTO E DESEMPENHO TÉRMICO EM HOSPITAIS: ESTUDO DE CASO NA ÁREA DE INTERNAÇÃO DO HOSPITAL UNIVERSITÁRIO DE SANTA MARIA/RS**

AUTORA: SHEILA COMIRAN

ORIENTADOR: JOAQUIM CESAR PIZZUTTI DOS SANTOS

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 27 de fevereiro de 2014.

O hospital é espaço para reestabelecimento da saúde e, portanto, seus ambientes devem ser confortáveis e adequar-se, inclusive termicamente, a esta função. Neste contexto, este trabalho apresenta uma avaliação das condições de conforto térmico e do desempenho térmico da área de internação do Hospital Universitário de Santa Maria, utilizando-se medições, levantamento no local e simulação computacional (programa *DesignBuilder*). Para a análise do conforto térmico foram levantadas as variáveis humanas e ambientais, no período de verão e inverno de 2012, em quatro quartos de internação com orientação leste e oeste, seguindo as recomendações da ASHRAE 55 (2010). A partir dos dados levantados calculou-se o PMV e o PPD, através do programa *Analysis 1.5*. Também realizou-se análise do número de graus-hora de desconforto com os dados obtidos da simulação computacional. Para avaliação do desempenho térmico as análises foram desenvolvidas observando o amortecimento e os fluxos térmicos, ainda realizou-se análise dos fechamentos opacos e áreas de ventilação considerando os parâmetros do método simplificado proposto pela NBR 15.575 (2013). Os dados encontrados nas medições mostraram que há grande amplitude térmica no município de Santa Maria. Quanto ao conforto térmico, os resultados demonstraram que os ambientes analisados são confortáveis para o período de inverno e desconfortáveis para o período de verão, mostrando que a velocidade do ar melhora os índices de conforto para temperaturas internas até 28 °C. Outro aspecto verificado foi que o amortecimento térmico obtido demonstrou que a edificação possui grande inércia térmica, colaborando para o conforto térmico, principalmente, no inverno. Quanto ao desempenho térmico, os resultados do método simplificado demonstraram que a edificação atende os critérios mínimos de desempenho térmico da NBR 15.575 (2013). Na simulação para avaliar desempenho dos ambientes, através dos fluxos térmicos, os resultados demonstraram que os maiores ganhos acontecem através da ocupação e pelos ganhos solares, enquanto que as maiores perdas ocorrem por infiltração. Estes dados corroboram os resultados obtidos na análise do conforto térmico. Salienta-se que os ganhos solares são positivos para o período de inverno e a infiltração negativa, entretanto deve-se garantir uma ventilação higiênica para os ambientes. No verão, o uso de proteções solares é fundamental para reduzir os ganhos solares. Enfim, no caso do HUSM, as esquadrias devem ser readequadas para garantir ventilação higiênica no inverno e, para o verão, é necessário utilizar-se climatização artificial em alguns horários do dia, cuja necessidade pode ser reduzida pela implantação de um sistema de ventilação com controle de temperatura e melhoria nos sistemas de proteção solar.

**Palavras-chave:** Conforto térmico. Desempenho térmico. Arquitetura hospitalar.



## **ABSTRACT**

Master's Thesis  
Civil and Environmental Engineering, Post-Graduation Program  
Universidade Federal de Santa Maria

### **THERMAL COMFORT AND PERFORMANCE IN HOSPITALS: CASE STUDY IN THE AREA OF THE HOSPITAL UNIVERSITÁRIO DE SANTA MARIA, RS**

AUTHOR: SHEILA COMIRAN

ADVISOR: JOAQUIM CESAR PIZZUTTI DOS SANTOS

Place and date: Santa Maria, February 27, 2014.

The hospital is room for reestablishment of health and therefore its environments should be comfortable and fit to this function, including thermal comfort. In this context, this paper presents a review of the conditions for thermal comfort and thermal performance in the inpatients' bedrooms of the University Hospital of Santa Maria (HUSM) city using measurements, site survey and computer simulation (DesignBuilder software). To analyze the thermal comfort, human and environmental variables were raised during the summer and winter of 2012, in four hospital bedrooms with east and west exposure, following the recommendations of ASHRAE 55 (2010). From the collected data, we calculated the PMV and PPD through Analysis 1.5 software. Analysis of degree-hours of discomfort with the data obtained from computational simulation was also performed. To evaluate the thermal performance tests were carried out by observing the damping and thermal flows, still analysis was performed closures and opaque areas of the ventilation parameters considering the simplified method proposed by NBR 15,575 (2013 ) The data found in measurements show that there is large temperature range in Santa Maria. As for thermal comfort, the results showed that the analyzed environments are comfortable for the winter period and uncomfortable for the summer period, showing that the air velocity improves comfort levels for internal temperatures up to 28° C. Another aspect found is that the thermal damping obtained demonstrates that the building has great thermal inertia, contributing to thermal comfort, especially in winter. As for thermal performance, the results of the simplified method demonstrate that the building meets the minimum performance criteria of ISO 15.575 (2013). In the simulation to analyze environments performance, through heat fluxes, the results showed that the greatest gains are achieved through occupation and the solar gains, while the largest losses occur by air infiltration. These data confirm the results obtained from analysis of thermal comfort. It is noted that solar gains are positive for the winter period and the infiltration is negative. However a minimal infiltration must be preserved to hygienic ventilation for the rooms. During summer time, the use of shading devices is crucial to reduce solar gain. It was also found that the solar orientation influences the thermal performance and comfort. Finally, in the case of HUSM, the window frames should be retrofitted to ensure hygienic ventilation in winter and for summer days, it is necessary to use artificial cooling, the need for which can be reduced by the implementation of a ventilation system with control of temperature and improvement in sun protection systems.

**Keywords:** Thermal comfort. Thermal performance. Hospital architecture.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema de ventilação projetado por Tollet.....	30
Figura 2 – Hospital em tipologia monobloco vertical. ....	31
Figura 3 – Hospital em tipologia pavilhonar.....	32
Figura 4 – Perspectiva do projeto original do HUSM.....	37
Figura 5 – Mecanismos de trocas térmicas.....	38
Figura 6 – Atividades físicas e respectivo metabolismo. ....	41
Figura 7 – Resistência térmica de algumas vestimentas.....	42
Figura 8 – Gráfico PMV x PPD.....	49
Figura 9 – Temperatura operativa aceitável para ambientes ventilados naturalmente. ....	49
Figura 10 – Velocidade média do ar (m/s) necessária para incremento de temperatura (°C).....	50
Figura 11 – Radiação solar em fechamentos opacos: a) sem inércia e b) com inércia.....	54
Figura 12 – Trocas térmicas em fechamentos transparentes e opacos. ....	55
Figura 13 – Usos de ventilação. ....	57
Figura 14 – Usos de ventilação por galerias: arquiteto Lelé.....	58
Figura 15 – Carta Bioclimática para Zona 2.....	61
Figura 16 – Zoneamento bioclimático brasileiro.....	63
Figura 17 – Tela para entrada de dados para análise do conforto. ....	64
Figura 18 – Tela de resultado e salvar: a) tela de resultado e b) tela de salvar como. ....	65
Figura 19 – Localização de Santa Maria e da UFSM. ....	68
Figura 20 – Localização do HUSM no campus da UFSM. ....	69
Figura 21 – HUSM: a) fachada oeste e b) fachada leste.....	70
Figura 22 – Planta baixa do quarto pavimento: em destaque quartos onde foram realizadas as medições.....	71
Figura 23 – Planta baixa dos ambientes analisados. ....	71
Figura 24 – Corte Transversal dos ambientes analisados.....	73
Figura 25 – Corte Longitudinal dos ambientes analisados.....	73
Figura 26 – Aparelho de medição “hobo”: medição externa e interna.....	75
Figura 27 – Planta baixa dos quartos com posição dos “hobos”.....	75
Figura 28 – Localização dos Hobos pontos 01 e 02.....	76

Figura 29 – Localização dos <i>Hobos</i> ponto 03.....	76
Figura 30 – “ <i>Hobo</i> ” para medição externa conectado ao sensor através de cabo....	77
Figura 31 – Caixa ventilada para proteção do sensor.....	77
Figura 32 – Tripé com sensores conectados ao analisador.....	78
Figura 33 – Analisador Climático Interno (Bruel & Kjaer tipo 1213).....	78
Figura 34 – Posições do tripé de medição: a) no QL1, b) nos QL2 e QO2 e c) no QO1. ....	79
Figura 35 – Planta baixa dos quartos com posição dos sensores. ....	79
Figura 36 – Modelagem do HUSM no <i>software DesignBuilder</i> .....	82
Figura 37 – Variação das temperaturas externa e internas no período de verão. ....	88
Figura 38 – Variação da umidade relativa do ar no período de verão. ....	89
Figura 39 – Variação da temperatura externa e interna no período de inverno.....	94
Figura 40 – Variação da umidade relativa do ar no período de inverno.....	95
Figura 41 – Valores médios de PMV e limites de conforto .....	101
Figura 42 – Valores de PMV para QL2 e QO2 e limites de conforto.....	102
Figura 43 – Percentual de insatisfeitos no verão para $V_a$ de 0,22 m/s.....	103
Figura 44 – Valores de PPD no QL2 para diferentes velocidades do ar.....	104
Figura 45 – Valores de PPD no QO2 para diferentes velocidades do ar .....	105
Figura 46 – Percentual de insatisfeitos no inverno .....	108
Figura 47 – Amortecimento no inverno e verão .....	116
Figura 48 – Fluxos térmicos no período de verão.....	117
Figura 49 – Fluxos térmicos no período de inverno .....	118

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Escala de sensação térmica. ....	48
Tabela 2 – Estratégias para a Zona Bioclimática 02. ....	63
Tabela 3 – Características construtivas dos quartos analisados do quarto pavimento e ocupação. ....	72
Tabela 4 – Dados de localização geográfica para Santa Maria ....	83
Tabela 5 – Temperatura Radiante Média para o período de verão. ....	90
Tabela 6 – Velocidade do ar para o período de verão. ....	91
Tabela 7 – Temperatura radiante média para o período de inverno. ....	96
Tabela 8 – Velocidade do ar para o período de inverno. ....	97
Tabela 9 – Percentual de insatisfeitos em função da variação da velocidade do ar no QL2. ....	106
Tabela 10 – Percentual de insatisfeitos em função da variação da velocidade do ar no QO2. ....	107
Tabela 11 – Percentual de insatisfeitos no pavimento. ....	109
Tabela 12 – Graus-hora de desconforto térmico. ....	110
Tabela 13 – Áreas de ventilação e piso dos quartos de internação ....	112
Tabela 14 – Temperaturas máximas, mínimas e amortecimento – verão. ....	114
Tabela 15 – Temperaturas máximas e mínimas e amortecimento - inverno. ....	115
Tabela 16 – Variáveis ambientais no período de verão ....	135
Tabela 17 – Variáveis ambientais no período de inverno ....	139
Tabela 18 – Valores de PMV e PPD de verão – $V_o = 0,22$ m/s. ....	143
Tabela 19 – Valores de PMV e PPD de verão – $V_o = 0,44$ m/s. ....	146
Tabela 20 – Valores de PMV e PPD de verão – $V_o = 1,00$ m/s. ....	148
Tabela 21 – Valores de PMV e PPD de inverno – $V_o = 0,10$ m/s. ....	151



## LISTA DE SIGLAS E VARIÁVEIS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
$A_{ch}$	Área de contato do corpo com superfície em questão ( $m^2$ )
Ad	Área de DuBois ( $m^2$ )
Ag	Superfície do corpo coberta ( $m^2$ )
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers</i>
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
$C_{ev}$	Calor por evaporação do suor
COE	Código de Obras e Edificações
CT	Capacidade térmica
DOE	Departamento de Energia Norte-Americano
GHA	Graus hora de aquecimento
GHR	Graus hora de resfriamento
h	Altura
HUSM	Hospital Universitário de Santa Maria
$I_{cl}$	Resistência térmica total das vestimentas (clo)
$I_{clu}$	Resistência térmica parcial dos componentes da vestimenta (clo)
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPLAN-SM	Instituto de Planejamento de Santa Maria
ISO	<i>Internacional Organization for Standard</i>
LABSOLAR	Laboratório de Energia Solar
m	Massa
met	Metabolismo
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
PEI	Porcentagem de pessoas insatisfeitas
PMV	<i>Predicted Mean Vote</i>
PPD	<i>Predicted Percentage of Dissatisfied</i>
QL1	Quarto Leste 1
QL2	Quarto Leste 2
QO1	Quarto Oeste 1
QO2	Quarto Oeste 2
$T_a$	Temperatura do Ar
$T_{bs}$	Temperatura de bulbo seco
$T_e$	Temperatura externa
$T_g$	Temperatura de globo
$T_i$	Temperatura interna
TM	Taxa metabólica
$T_o$	Temperatura operativa
$T_p$	Temperatura média da pele

$T_{rm}$	Temperatura radiante média
$U$	Transmitância térmica
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
UR	Umidade relativa do ar
$V_a$	Velocidade do ar
VME	Voto médio estimado
$x_f$	Espessura da roupa (mm)
$\Delta I_{cl}$	Resistência térmica da superfície corporal em contato com a cama
$\Delta T_e$	Amplitude da temperatura do ar externa.
$\Delta T_i$	Amplitude da temperatura do ar interna
$\mu$	Coeficiente de amortecimento
$\alpha$	Coeficiente de absorção – absortância térmica
$\rho$	Coeficiente de reflexão – refletância térmica

## LISTA DE EQUAÇÕES

Área de DuBois – (1).....	41
Resistência térmica parcial das roupas não tabeladas nas normas – (2) .....	42
Resistência térmica total das vestimentas de Fanger – (3).....	43
Resistência térmica da superfície corporal em contato com a cama – (4) .....	43
Coeficiente de amortecimento – (5) .....	113



# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	25
<b>1.1 Justificativa</b> .....	26
<b>1.2 Objetivos</b> .....	27
1.2.1 Objetivo geral .....	27
1.2.2 Objetivos específicos .....	27
<b>1.3 Estrutura da dissertação</b> .....	28
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	29
<b>2.1 Arquitetura hospitalar</b> .....	29
2.1.1 Da antiguidade aos dias atuais .....	29
2.1.2 Conforto ambiental em hospitais .....	33
<b>2.2 Conforto térmico</b> .....	37
2.2.3 Avaliação do conforto térmico .....	46
<b>2.3 Desempenho térmico das edificações</b> .....	53
2.3.1 Fechamentos opacos .....	53
2.3.2 Fechamentos transparentes e translúcidos .....	54
2.3.3 Ventilação .....	56
<b>2.4 Normas de desempenho térmico brasileiras</b> .....	58
<b>2.5 Arquitetura bioclimática</b> .....	60
2.5.1 Estratégias arquitetônicas para o conforto térmico .....	61
2.5.2 Zoneamento bioclimático brasileiro .....	62
<b>2.6 Programas computacionais utilizados na análise de conforto e desempenho térmico</b> .....	64
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	67
<b>3.1 Caracterização da pesquisa</b> .....	67
<b>3.2 Definição e caracterização do objeto de estudo</b> .....	68
<b>3.3 Medição das variáveis ambientais</b> .....	74
3.3.1 Temperatura e Umidade relativa do ar .....	74
3.3.2 Velocidade do ar e Temperatura média radiante .....	78
<b>3.4 Verificação das variáveis humanas: vestimenta e metabolismo</b> .....	80
<b>3.5 Avaliação das condições de conforto térmico</b> .....	80
<b>3.6 Simulação computacional</b> .....	81
3.6.1 Detalhamento da simulação computacional .....	82
<b>4 RESULTADOS</b> .....	87
<b>4.1 Período de verão</b> .....	87
4.1.1 Temperatura do ar ( $T_a$ ) .....	87
4.1.2 Umidade relativa do ar (UR) .....	89
4.1.3 Temperatura radiante média ( $T_{rm}$ ) .....	90
4.1.4 Velocidade do ar ( $V_a$ ) .....	91
4.1.5 Variáveis humanas .....	92
<b>4.2 Período de inverno</b> .....	93
4.2.1 Temperatura do ar ( $T_a$ ) .....	93
4.2.2 Umidade relativa do ar (UR) .....	95
4.2.3 Temperatura radiante média ( $T_{rm}$ ) .....	96

4.2.4 Velocidade do ar (Va) .....	96
4.2.5 Variáveis humanas .....	97
<b>5 ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>99</b>
<b>5.1 Conforto térmico</b> .....	<b>99</b>
5.1.1 Análise através do PMV e do PPD .....	100
5.1.2 Análise através de graus hora de desconforto.....	110
<b>5.2 Desempenho térmico</b> .....	<b>111</b>
5.2.1 Análise através do procedimento simplificado da NBR 15.575.....	112
5.2.2 Análise do amortecimento térmico através das medições .....	113
5.2.3 Análise dos fluxos térmicos através da simulação.....	117
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	<b>121</b>
<b>6.1 Trabalhos futuros</b> .....	<b>124</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>127</b>
<b>Apêndice A – Valores das medições de campo</b> .....	<b>135</b>
<b>Apêndice B – Valores obtidos de PMV e PPD</b> .....	<b>143</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Até muito pouco tempo atrás, criar espaços ambientalmente confortáveis era função dos arquitetos, que ao projetar os ambientes consideravam o clima, a orientação solar, o entorno e utilizavam entre outros recursos a ventilação e iluminação naturais e os elementos de proteção solar, para condicionar os ambientes.

Com a Revolução Industrial no final do século XIX, o desenvolvimento de novas tecnologias estruturais e de materiais mais leves e de menor espessura, a energia elétrica e os recursos naturais vistos como fontes inesgotáveis, transformaram a forma de projetar e construir as edificações. Aliado a estes fatores, a partir da segunda metade do século XX, os avanços nos sistemas de refrigeração e ventilação causaram mudanças mais drásticas na forma de projetar as edificações, onde as soluções estavam totalmente voltadas para o uso destas tecnologias e o consumo energético.

No entanto, a crise energética, as preocupações com o meio ambiente e os recursos naturais, cada vez mais, tem levantado o debate sobre o desenvolvimento sustentável, que é assumido na perspectiva das atitudes a serem adotadas, não apenas no plano ambiental, mas inclusive no âmbito social, cultural e de desenvolvimento econômico. Estas preocupações foram reforçadas a partir de 1992, quando o conceito de desenvolvimento sustentável foi introduzido através do comprometimento para implantação da Agenda 21<sup>1</sup>.

Conforme Keeler e Burke (2010) existem estudos que indicam que há uma relação entre as edificações sustentáveis, a produtividade e os benefícios à saúde. Embora questionado por alguns pesquisadores, os benefícios a saúde estão intimamente ligados ao contato com o ambiente natural.

No contexto da necessidade de economizar energia, de preservar o meio ambiente e de garantir espaços confortáveis para o convívio humano; a avaliação do conforto térmico de edificações hospitalares contribui de forma importante e decisiva para se alcançar o desenvolvimento sustentável.

---

<sup>1</sup> Agenda 21: documento resultante da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, mais conhecida como Rio 92, realizada pela Organização das Nações Unidas no Rio de Janeiro.

A arquitetura deve servir ao homem e ao seu conforto, o que abrange o seu conforto térmico. O homem tem melhores condições de vida e de saúde quando seu organismo pode funcionar sem ser submetido a fadiga ou estresse, inclusive térmico. A arquitetura, como uma de suas funções, deve oferecer condições térmicas compatíveis ao conforto térmico humano no interior dos edifícios, sejam quais forem as condições climáticas externas (FROTA E SCHIFFER, 2001, p. 15).

Do mesmo modo, o hospital deve servir para o restabelecimento da saúde e, para tal, garantir ambientes termicamente adequados, a fim de fornecer condições apropriadas a esta finalidade. Ambientes que propiciam conforto, inclusive térmico, geram condições adequadas de vida e saúde, pois colaboram para que o corpo humano funcione sem fadiga e estresse.

A área de internação hospitalar é o local onde, geralmente, o paciente permanece por um maior período de tempo durante tratamento para o restabelecimento da saúde, portanto os aspectos de conforto relacionados a estes ambientes são fundamentais. O arquiteto Lelé coloca que “ninguém se cura somente da dor física, tem de curar a dor espiritual também” (MENEZES, 2004, p. 50), ou seja, os aspectos físicos e perceptuais do ambiente e entorno também contribuem na recuperação do paciente.

## **1.1 Justificativa**

A relevância do tema do conforto ambiental em hospitais, na hotelaria hospitalar, assim como do conforto térmico nas edificações em geral e do desempenho térmico é um fato verificado pelos estudos e pesquisas desenvolvidos atualmente. Entretanto, a avaliação do conforto térmico e do desempenho térmico nas áreas de internação dos hospitais e sua relação com estratégias bioclimáticas é um tema ainda pouco explorado e que carece de pesquisa e abordagem específica.

A avaliação do conforto térmico, utilizada de forma combinada com programas de simulação do desempenho térmico, é uma ferramenta importante para adequar as edificações ao clima e às atividades realizadas nos ambientes, inclusive para análise pós-ocupacional. Com base nestas considerações, a avaliação proposta neste estudo permitirá equacionar problemas de conforto térmico oriundos

do projeto implantado e, a partir desse levantamento, indicar soluções visando o conforto, que representem melhora na satisfação dos usuários e nas condições de recuperação da saúde, assim como melhor desempenho térmico da edificação.

## **1.2 Objetivos**

### 1.2.1 Objetivo geral

Avaliar as condições de conforto térmico e o desempenho térmico na área de internação da edificação do Hospital Universitário de Santa Maria (HUSM), bem como propor soluções para a melhoria das condições de conforto e desempenho térmicos no ambiente hospitalar.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Levantar as variáveis humanas e ambientais da área de internação do HUSM, nos períodos de inverno e verão;
- Avaliar o conforto térmico do edifício do HUSM na área de internação, através de medições e simulação;
- Avaliar o desempenho térmico do edifício do HUSM na área de internação observando os métodos de medição e simulação;
- Indicar soluções para melhoria do conforto e desempenho térmico da área de internação do edifício do HUSM.

### 1.3 Estrutura da dissertação

Este trabalho está organizado em seis capítulos, sendo estes: introdução, referencial teórico, metodologia, resultados, análise dos resultados e conclusões. No capítulo 1 apresenta-se a introdução do trabalho, bem como a justificativa, a relevância do tema e os objetivos propostos. Também é definida a estrutura do trabalho.

No capítulo 2, Referencial Teórico, discorre-se primeiramente sobre a arquitetura hospitalar, a importância do conforto ambiental nas edificações de assistência à saúde, os conceitos e normas de conforto térmico e sua avaliação, mostrando trabalhos desenvolvidos recentemente. Num segundo momento a revisão de literatura pondera os aspectos do comportamento térmico, as normas de desempenho, a arquitetura bioclimática e o zoneamento bioclimático brasileiro. Finalmente apresentam-se os programas utilizados para as análises realizadas.

Na metodologia, apresentada no capítulo 3, aborda-se os procedimentos técnicos, instrumentais e métodos que foram utilizados para o levantamento de informações das características físicas, ambientais e uso da área de internação avaliada do Hospital Universitário de Santa Maria - RS, assim como as ferramentas de análise que foram utilizadas.

No capítulo 4, expõem-se os resultados das variáveis ambientais e humanas, obtidos nos levantamentos realizados nos períodos de verão e inverno.

O capítulo 5 dedica-se a demonstrar a análise dos resultados para o conforto térmico obtidos através do voto médio estimado e percentual de insatisfeitos conseguidos pelo programa *Analysis 1.5* e do número de graus-hora de desconforto resultantes da análise do programa *DesignBuilder*. Ainda, realizou-se avaliação do desempenho térmico observando-se o amortecimento e os fluxos térmicos. Além disso, realizou-se análise dos fechamentos opacos e áreas de ventilação considerando os parâmetros do método simplificado proposto pela NBR 15.575 (2013).

As conclusões do trabalho estão apresentadas no capítulo 6, onde também se avaliam os condicionantes para a realização do trabalho, propostas de trabalhos futuros e alternativas para a melhoria das condições de conforto térmico.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Arquitetura hospitalar

#### 2.1.1 Da antiguidade aos dias atuais

A preocupação e os cuidados com a saúde existem desde o início das civilizações, pois estão intrínsecas à condição humana. A busca pela cura de doenças e males era realizada por feiticeiros, curandeiros e sacerdotes-médicos. Os elementos de cura eram buscados na natureza e geralmente associadas a questões místicas e religiosas.

No período arcaico da história, a Medicina já era praticada por profissionais que visitavam os doentes em suas casas e também em consultórios próprios, porém não existiam locais para tratamento e acolhimento dos doentes. Ao longo do tempo, a medicina se tornou mais racional com princípios de diagnóstico, prognóstico e tratamento, permanecendo a influência dos ensinamentos de Hipócrates considerado até hoje o pai da medicina.

Para Moraes, Cândido e Vieira (2004) a palavra hospital provavelmente teve origem na era cristã, derivada da palavra *hospitalis* (hospitaleiro) e *hospes* (hóspede). A concepção de hospital nesta época estava associada a um local de doentes, asilo de velhos, pessoas desequilibradas, mendigos, prostitutas e algumas vezes, serviam para hospedagem de viajantes. Os hospitais estavam localizados nas saídas das cidades e funcionavam como forma de exclusão social.

[...] no período que se estende da Antiguidade à Idade Média, a assistência aos enfermos era prestada em caráter oficial por sacerdotes das ordens religiosas ou por leigos que praticavam uma medicina popular [...]. A medicina oficial, por sua vez, desenvolvia-se no interior dos mosteiros ou em anexos construídos com essa finalidade, sempre como atividade secundária às obrigações de caráter religioso e assistencial [...] (SANTOS; BURSZTYN, 2004, p. 93).

Discussões sobre como deve ser construído um hospital são realizadas a partir da necessidade de reconstrução do *Hôtel-Dieu*, mais antigo hospital de Paris, que fora parcialmente destruído em um incêndio em 1772. Em virtude disso, estudos realizados por pesquisadores em diversos hospitais existentes começaram a mostrar a relação existente entre taxas de mortalidade, procedimentos médicos e de enfermagem, fluxo de materiais e características espaciais das edificações. A concepção de hospital como espaço terapêutico surgiu apenas no final do século XVIII, quando as questões funcionais e espaciais tornaram-se mais importantes. “A noção de que o hospital pode e deve ser um instrumento destinado a curar aparece claramente em torno de 1780, com o surgimento de uma nova prática: a visita e a observação sistemática e comparada dos hospitais” (FOUCAULT, 1979, apud TOLEDO, 2006, p. 18).

A partir disso, o modelo de grandes hospitais em monobloco ou em formato de cruz passou a ser considerado inadequado, sendo que a solução adotada para as construções foram edificações de caráter pavilhonar. Os pavilhões eram divididos por tipo de enfermidade e atividades, fazendo que não ocorresse o contato de pacientes com diferentes necessidades e patologias, como exemplo: parturientes e tuberculosos. Assim, surge também a defesa de hospitais especializados por tipo de patologias, que se desenvolvem com maior ênfase no século XIX. Segundo Toledo (2006, p. 21) “entre as inovações tecnológicas surgidas nessa época, destaca-se a contribuição do engenheiro Casimir Tollet (1892), ao criar uma nova solução para a renovação do ar nas enfermarias [...]”, conforme apresentado na figura.

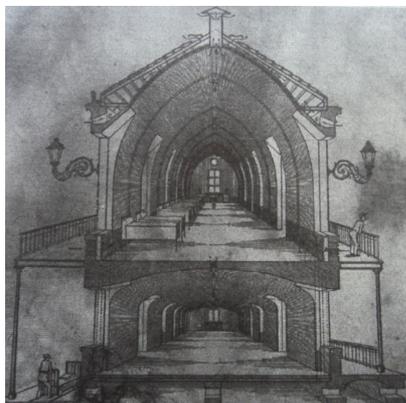


Figura 1 – Sistema de ventilação projetado por Tollet.

Na evolução da arquitetura hospitalar, não se pode deixar de citar a enfermeira Florence Nightingale, cujo trabalho se destacou pela conscientização e estudos de melhorias para a redução dos índices de mortalidade, infecção e contaminação dos hospitais. Florence defendia a estrutura pavilhonar dos hospitais, os quais deveriam ter iluminação natural por janelas amplas, ventilação natural e cruzada, área mínima por leito e pés-direitos generosos.

A “enfermaria Nightingale” constitui-se no elemento mais importante e característico da anatomia do hospital do fim do século XIX. Essa anatomia dividia as funções de internação, cirurgia e diagnósticos, consultórios para atendimento ambulatorial e de causalidades, administração e serviços de apoio em edifícios/ construções específicas e mais apropriadas a cada uso (MIQUELIN, 1992, p.46 apud TOLEDO, 2006, p. 23).

Ressalta-se que os conceitos definidos por Florence são utilizados até os dias de hoje na arquitetura hospitalar.

No século XX a tipologia pavilhonar, consolidada principalmente na Europa, vai gradativamente sendo substituída pela tipologia de monobloco vertical, representado na figura 2.



Figura 2 – Hospital em tipologia monobloco vertical.

Fonte: Roscio, 2010.

O monobloco vertical foi possível com o desenvolvimento da tecnologia do concreto armado e dos elevadores. A defesa desta tipologia dá-se pela racionalização da infra-estrutura, possibilidade de implantação em terrenos menores,

redução de distâncias percorridas pelas equipes e redução de custos de operação. No Brasil o partido de monobloco vertical sobre uma base horizontal estendida foi amplamente utilizado principalmente na arquitetura modernista.

O arquiteto Irineu Breitman, profissional com larga experiência no assunto, em aula do Curso de Especialização em Arquitetura e Engenharia Hospitalar<sup>2</sup> fez uma crítica ao hospital vertical e defendeu o retorno da estrutura pavilhonar para as edificações hospitalares com no máximo dois pavimentos e interligados por rampas. Defendeu que este tipo de solução dispensa o uso e elimina custos de elevadores, e facilita as saídas em casos de emergências de incêndio. Ainda afirmou que, se bem planejado, o hospital pavilhonar não amplia as questões de custos com deslocamentos e infra-estrutura, pois há também a compensação com a redução de outros custos. A figura 3 exemplifica esta tipologia.

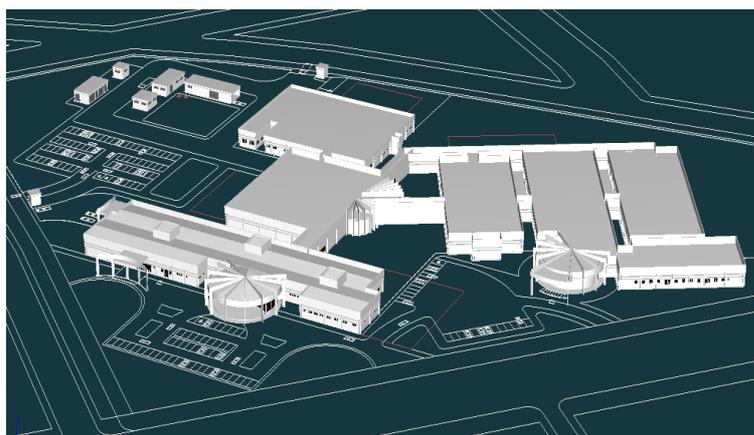


Figura 3 – Hospital em tipologia pavilhonar.

Fonte: autora.<sup>3</sup>

Apesar das colocações de Breitman, os hospitais tem se desenvolvido tanto na tipologia pavilhonar quanto na tipologia de monobloco vertical, sendo esta última mais utilizada, principalmente nos grandes centros onde o custo e a disponibilidade de espaço são fatores preponderantes.

<sup>2</sup> Curso frequentado pela autora deste trabalho no Instituto de Administração Hospitalar e Ciências da Saúde (IAHCS) em Porto Alegre nos anos de 2006 a 2008.

<sup>3</sup> Projeto Arquitetônico de Hospital elaborado pela autora como Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização em Arquitetura e Engenharia Hospitalar, 2008.

A utilização de equipamentos de altas tecnologias, agregadas ao condicionamento artificial das últimas décadas tem transformado os hospitais em espaços desumanizados e áridos, onde a qualidade ambiental é deixada em segundo plano. Entretanto, essa realidade vem se modificando nos últimos anos, uma vez que é crescente o número de pesquisas e publicações sobre a qualidade ambiental e a humanização do espaço hospitalar.

O arquiteto João Figueiras Lima, mais conhecido como Lelé, é a grande referência na atualidade na arte de projetar hospitais “feitos para curar”, cujos projetos integram as questões funcionais, de equipamentos e de tecnologias, com a qualidade ambiental dos espaços arquitetônicos: natureza e espaços exteriores, ventilação e iluminação natural, adequação ao clima, cor e forma.

Ao projetar os hospitais da Rede Sarah, Lelé utiliza os seguintes conceitos para agregar qualidade aos ambientes: espaços flexíveis e adaptáveis a futuras ampliações e novas tecnologias; espaços verdes para contemplação terapêutica; flexibilidade das instalações e visitáveis; iluminação natural, conforto térmico com ventilação natural dos ambientes, redução de custos e facilidade de manutenção (MENEZES, 2004).

Considerando as informações apresentadas, ressalta-se que independente da tipologia arquitetônica o fato é que o hospital contemporâneo deveria estar adequado às novas tecnologias, à possibilidade de expansão, à sustentabilidade, ao conforto ambiental e à humanização.

### 2.1.2 Conforto ambiental em hospitais

O cuidado e o tratamento dos ambientes hospitalares são fundamentais para a recuperação do paciente, principalmente quando considerado o fato de que a doença fragiliza o ser humano não apenas em seus aspectos físicos. No caso dos hospitais, a alta tecnologia dos equipamentos na maioria das vezes é colocada como foco principal dos espaços, tornando-os inóspitos e desumanos.

Em contraponto à desumanização gerada pela alta tecnologia, novos conceitos de administração e atendimento vêm sendo desenvolvidos nos hospitais, definidos como atendimento humanizado e hotelaria hospitalar.

A função do hospital não é apenas curativa, mas envolve atendimento à comunidade, prevenção, acolhimento, conforto e bem-estar aos usuários, aproximando sua estrutura a de um hotel. A hotelaria hospitalar busca desmistificar a frieza e a falta de identidade dos clientes e colaboradores com a instituição. “Os pacientes são vistos como hóspedes enfermos [...] requerem atenção especial, conciliando a saúde e o ato de hospedar bem, tornando o ambiente mais acolhedor para a família e o paciente, humanizando o ambiente e o seu atendimento” (GUIMARÃES, 2007, p. 13). Ambientes que transmitam sensações como bem estar e segurança são fundamentais para a humanização e conforto.

Ao contrário da sensação de desconforto, a sensação de conforto ambiental não é uma percepção facilmente detectável. Resultado da harmonia de vários condicionantes – higrotérmicos, acústicos, visuais, de qualidade do ar, entre outros -, ela propicia a integração do homem (usuário) a seu meio [...]. (SANTOS, BURSZTYN, 2004, p. 29).

Na busca de qualidade dos estabelecimentos, a Resolução RDC nº 50/2002, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, estabelece os critérios para o planejamento, dimensionamento, elaboração e avaliação de projetos e construções de estabelecimentos assistenciais de saúde - EAS. Entretanto, os aspectos de conforto, apesar de referenciados na resolução são relegados a uma pequena importância, uma vez que a resolução está focada nos aspectos de dimensionamento mínimo, quantificação e instalações prediais. Dentre as especificações desta resolução, os diferentes ambientes de um EAS podem ser classificados quanto ao risco de transmissão de infecções:

Áreas críticas – são os ambientes onde existe risco aumentado de transmissão de infecção, onde se realizam procedimentos de risco, com ou sem pacientes, ou onde se encontram pacientes imunodeprimidos.

Áreas semicríticas – são todos os compartimentos ocupados por pacientes com doenças infecciosas de baixa transmissibilidade e doenças não infecciosas.

Áreas não críticas – são todos os demais compartimentos dos EAS não ocupados por pacientes, onde não se realizam procedimentos de risco (ANVISA, 2002, p. 86).

Dentro desta classificação, as áreas de internação hospitalar, quartos e enfermarias, são definidas como áreas semicríticas. Sobre as áreas semicríticas, Bicalho (2010, p. 34) problematiza que, “por apresentarem menor risco de transmissão de infecções, é menor a complexidade do projeto arquitetônico ou

mesmo de instalações. No entanto, ainda assim existe a preocupação no que diz respeito ao controle de infecção”

Deve-se considerar que os EAS, incluindo-se os hospitais, diferem em alguns aspectos de outras edificações, principalmente porque as condições de higiene são de extrema relevância para impedir a disseminação de bactérias e vírus patogênicos. Ou seja, além das necessidades de conforto térmico, outras normativas devem ser consideradas.

Neste sentido, quando utilizados sistemas de condicionamento de ar artificial em hospitais devem ser observadas as normas técnicas da ABNT: NBR 7256 (2005) Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) – Requisitos para projeto e execução das instalações e a NBR 16401-2 (2008) – Instalações de ar condicionado: Sistemas centrais e unitários – Parte 2: parâmetros de conforto térmico. Como exemplo dos cuidados necessários, segundo a NBR 7256 (2005) devem ser respeitados os seguintes parâmetros para projeto nas áreas de internação que necessitam de controle de agentes biológicos: temperatura do ar entre 21 a 24°C, umidade relativa entre 40 e 60%, vazão mínima de ar exterior 6 (m<sup>3</sup>/h)/m<sup>2</sup>; vazão total mínima de ar 18 (m<sup>3</sup>/h)/m<sup>2</sup> e pressão positiva. Além disso, o nível de filtragem do ar dependerá da classe de risco do ambiente. Neste sentido, a Resolução nº9 da ANVISA define que a taxa de renovação do ar adequada de ambientes climatizados será, no mínimo, de 27 m<sup>3</sup>/hora/pessoa.

Bicalho (2010, p.118) salienta que “um sistema correto de climatização deve, além de controlar a temperatura, controlar também a pressão do ar, a taxa de umidade, a velocidade, a renovação, o ruído e a filtragem do ar”.

Até pouco tempo atrás não havia grande preocupação com a qualidade do ar interior, sendo que este era sinônimo de uso do ar condicionado para climatização. Porém ambientes hermeticamente fechados são propícios a fortalecer organismos patogênicos, aumentando sua resistência a antibióticos e propiciando a infecção hospitalar. Segundo o arquiteto Lelé:

[...] quanto mais se fecha o ambiente, não deixando as bactérias de fora entrarem, mais se propicia o fortalecimento das que estão lá dentro. [...] O ar-condicionado, portanto, não é bom. É lógico que existem sistemas de esterilização do ar, mas tudo isso vai encarecendo, e às vezes eles não são eficientes porque exigem uma manutenção maior. Resumindo: defender iluminação e ventilação naturais não é só por esse aspecto da economia de energia, não é só para tornar o ambiente mais natural, mais humano, mas,

no caso do hospital, também é para proteger contra a infecção hospitalar (MENEZES, 2004, p. 69).

Outro aspecto da arquitetura hospitalar foi comentado por Limeira (2006), quando ressalta a importância da qualidade ambiental e das acomodações para pacientes e acompanhantes do setor de internação hospitalar, dando-lhes condições materiais e psicológicas, ressaltando que a unidade de internação é um dos setores onde os pacientes passam a maior parte do seu tempo e que, no Brasil, a média do tempo de internação ainda é alta, segundo dados do Ministério da Saúde.

Lukiantchuki (2010) ao analisar de forma qualitativa e quantitativa os projetos dos hospitais da rede Sarah em Salvador e no Rio de Janeiro destaca que o arquiteto Lelé a muito tempo vem demonstrando sua preocupação com o conforto na hora do projetar. Entretanto, destaca-se que isto não significa que todas as soluções implantadas são perfeitas, porém que estas apresentam resultados satisfatórios, sendo que um dos diferenciais de sua obra é a evolução das soluções ao longo do tempo.

Outro trabalho sobre conforto hospitalar foi desenvolvido por Mascarello (2005), o qual pesquisa sobre a transformação tipológica do edifício hospitalar analisando os princípios bioclimáticos e suas relações com a arquitetura modernista e os princípios corbusianos. Foi analisado o Hospital Fêmeina de Porto Alegre com ênfase na área de internação e nos elementos da arquitetura modernista que o compõem, através da análise de entrevistas e questionários com usuários, medições de temperatura e iluminação relacionando com os princípios de projeto da arquitetura modernista. As análises realizadas subsidiaram a elaboração de recomendações para as áreas de internação de hospitais.

Assim como o Hospital Fêmeina, o Hospital Universitário de Santa Maria (HUSM), objeto deste estudo, também é um representante da arquitetura modernista. As proteções solares tipo brise-soleil são um dos elementos que caracterizam a arquitetura modernista brasileira. Na concepção original do HUSM estavam previstos o uso destes elementos (Figura 4), os quais não foram executados, entretanto foram instaladas persianas móveis em PVC como elemento de proteção solar.



Figura 4 – Perspectiva do projeto original do HUSM.

Fonte: acervo Pró-Reitoria de Infraestrutura - UFSM

Como se pôde observar, projetar e construir EAS é uma arte complexa, pois devem ser contempladas uma significativa diversidade de compatibilidades físico-funcionais e critérios técnicos. As demandas de tecnologia médica, as características climáticas e a flexibilidade dos espaços em função das variáveis epidemiológicas devem ser atendidas, assim como é fundamental observar o conforto ambiental sob seus diversos aspectos para satisfação do usuário (SANTOS e BURSZTYN, 2004).

Nesse sentido, o hospital deve ser muito bem adequado ao clima, proporcionando aos usuários ambientes confortáveis. Sempre que possível, deve-se priorizar o uso da climatização dos ambientes utilizando-se a própria edificação, empregando-se meios mecânicos somente nos ambientes e períodos do ano que estes forem indispensáveis. Deve-se aproveitar a iluminação e ventilação naturais nos edifícios, equacionando-se questões de conforto térmico, visual e acústico. A forma, a orientação, os materiais de uma edificação, a dimensão de seus vãos, pé-direito, tipo de cobertura devem atender essas questões.

## 2.2 Conforto térmico

O metabolismo do corpo humano produz energia, cujo ciclo de transformações termina sob a forma de calor e trabalho. O ser humano, por suas

características é um ser homeotérmico, ou seja, deve manter sua temperatura interna constante (36° a 37°), sendo que as trocas térmicas com o meio são a forma de se alcançar o equilíbrio. Assim sendo, pode-se afirmar que quando a produção de calor é maior que a perda experimenta-se a sensação de calor e se o consumo energético é maior que sua produção, então há deficiência de energia calorífica e sensação de frio.

A pele é o principal órgão termo-regulador do corpo humano, o calor excedente gerado pelo corpo é eliminado para o ambiente através das trocas térmicas entre o ambiente e o corpo. As trocas térmicas do corpo humano com o meio ocorrem basicamente através de quatro processos: condução, convecção e radiação (trocas secas) e evaporação (troca úmida).

Condução é a transferência de calor entre dois corpos em contato e com diferença de temperatura. Nos materiais a capacidade de condução está associada ao coeficiente de condutibilidade térmica, o qual depende da densidade do material e de sua composição química e umidade.

A troca por convecção acontece entre dois elementos que possuem diferença de temperatura, sendo que um é sólido e o outro fluido. Como exemplo pode-se citar o deslocamento de ar próximo ao corpo em função da diferença de temperatura.

A figura 5 demonstra as formas de troca de calor e perdas do corpo humano com o meio.

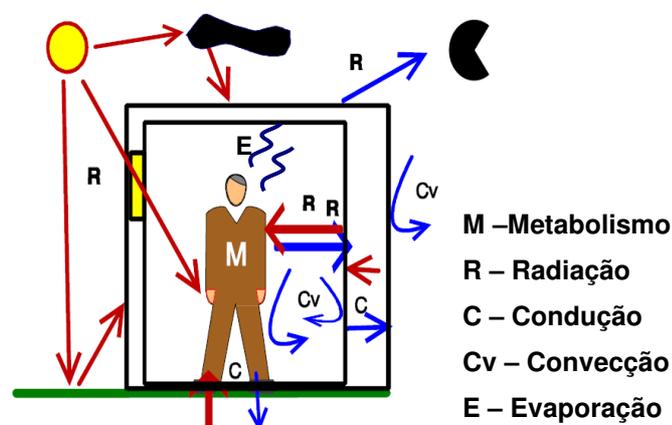


Figura 5 – Mecanismos de trocas térmicas.

Fonte: Adaptado de: Krause, et al, 2005, p. 13.

Radiação é a transferência de energia radiante através de ondas eletromagnéticas, não dependendo de nenhum meio para se propagar. Esta energia é emitida continuamente por todos os corpos com temperatura acima do zero absoluto. Esta capacidade está relacionada à emissividade do material, ou seja, sua capacidade de emitir calor.

A evaporação ocorre quando a convecção e radiação não são suficientes para regular a temperatura. Pode-se dizer que um líquido evapora sobre uma superfície retirando calor dessa superfície, que conseqüentemente é resfriada. Para que a evaporação aconteça é necessário que o ar tenha capacidade de conter este vapor de água.

Rivero (1986, p. 62), define de duas maneiras o conforto: subjetivamente o “conforto térmico de uma pessoa é aquela condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico”. Fisiologicamente “o conforto térmico de um indivíduo se alcança quando as condições do meio permitem que o sistema termorregulador esteja em estado de mínima tensão”.

Conforto e equilíbrio térmico do corpo humano estão relacionados, na medida em que a sensação de bem estar térmico depende do grau de atuação do sistema termorregulador para a manutenção do equilíbrio térmico. Isso significa que, quanto maior for o trabalho desse sistema para manter a temperatura interna do corpo, maior será a sensação de desconforto (RUAS, 1999a, p.3).

O conforto térmico está conceituado em algumas normativas: a ISO 7730 (2005) determina que conforto térmico é o estado que expressa satisfação com o ambiente térmico. Por sua vez, a ASHRAE 55 (2010) define conforto térmico como uma condição de espírito que expressa a satisfação com o ambiente térmico. Para a NBR 15220-1 (2005) conforto térmico é a “satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente”.

Ainda, o conforto pode ser definido como a situação de satisfação psicofisiológica com as condições térmicas de um ambiente onde a manutenção da homeostase humana é obtida (BITTENCOURT, 2008, p. 13).

Após a apresentação de conceitos, pontua-se que as condições de conforto térmico de um ambiente dependem de diversos fatores: mecanismos de equilíbrio térmico, modos de transferência de calor, condições climáticas e atividade. Além destes fatores existem “variáveis subjetivas: hábitos alimentares que afetam o

metabolismo; idade e sexo; forma do corpo; gordura do corpo; estado de saúde; vestuário; processo de aclimatação dos indivíduos” (LIMEIRA, 2006, p.89). Desta maneira, todos estes aspectos devem ser considerados para a adequação térmica dos ambientes.

Considerando alguns fatores apresentados, Lamberts relata que “para uma mesma temperatura a sensação de conforto térmico pode ser diferente em função de variáveis como o vento e a umidade do local” (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997, p. 33).

Para Fanger (1970) a equação de balanço térmico deve ser satisfeita como primeiro requisito para o conforto térmico. Esta exigência é uma expressão do objetivo do sistema termorregulador humano manter uma temperatura corporal interna razoavelmente constante.

Por fim, sentir-se confortável é uma sensação muitas vezes subjetiva e particular, pois além dos aspectos físicos vinculados ao conforto existem fatores pessoais, psicológicos e culturais. Definir uma referência para o conforto sugere a análise de diversas variáveis, sendo impossível atingir um nível de satisfação de 100%. Portanto, um ambiente pode ser considerado termicamente confortável quando este proporcionar bem-estar à maioria das pessoas.

### 2.2.1 Variáveis humanas

As variáveis humanas estão relacionadas à atividade física e à vestimenta das pessoas que ocupam o ambiente.

A **atividade física** (metabolismo) refere-se ao tipo de atividade e ao grau de esforço físico utilizado que influenciam no conforto térmico das pessoas. Por exemplo, a energia térmica gerada pela atividade em uma academia de ginástica é maior do que aquela gerada em um escritório com pessoas sentadas. A atividade física é expressa em met ( $1 \text{ met} = 58,2 \text{ W/m}^2 = 50 \text{ Kcal/m}^2\cdot\text{h}$ ).

Estudos realizados tabularam as informações relacionando atividade e metabolismo, as quais podem ser consultadas, a fim de calcular o conforto térmico de um ambiente. As normas ISO 7730 (2005) e ASHRAE 55 (2010) apresentam tabulados valores de metabolismo para avaliação do conforto térmico, sendo que os

valores estabelecidos em cada uma apresentam variações não significativas. Na ASHRAE 55 (2010) as atividades relacionadas são amplas, enquanto que na ISO 7730 (2005) as taxas metabólicas por atividade são mais restritas, remetendo para maiores informações a ISO 8996<sup>4</sup>, a qual apresenta um estudo mais detalhado do metabolismo. A figura 6 exemplifica algumas atividades físicas e o metabolismo.

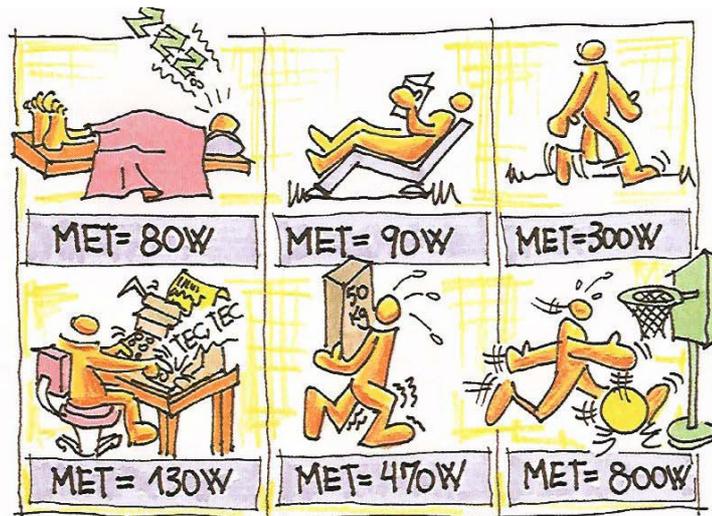


Figura 6 – Atividades físicas e respectivo metabolismo.

Fonte: LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997, p. 42.

Segundo Wallauer (2003, p. 13) o metabolismo varia de acordo com a atividade, área corporal e condições de trabalho. Em 1916 DuBois propôs uma equação para calcular a área corporal para determinação do metabolismo, assim uma pessoa mediana com massa de 70 kg e altura de 1,70 m apresenta uma área superficial aproximada de 1,8 m<sup>2</sup>, podendo esta área ser calculada através da equação 1:

$$Ad = 0,202m^{0,425} h^{0,725} \quad (1)$$

onde:

Ad = área de DuBois em m<sup>2</sup>;

<sup>4</sup> ISO 8996: *Ergonomics of the thermal environment - Determination of metabolic rate*. Esta norma é citada na ISO 7730, porém não foi consultada para a realização deste trabalho.

$m$  = massa do corpo em Kg;

$h$  = altura em m.

Em relação à **vestimenta**, a roupa usada é um elemento que serve como um isolante térmico, pois aumenta a resistência à troca de calor entre o corpo e o ambiente. Esta variável é expressa em clo (1 clo = 0,155m<sup>2</sup>.°C/W), que advém do inglês *clothing*<sup>5</sup>. Existem valores fixados pela ISO 7730 (2005) e ASHRAE 55 (2010) que determinam os itens de vestuário e sua unidade “clo” correspondente. A espessura e a superfície de cobertura da roupa influenciam nestes valores. A figura 7 apresenta algumas vestimentas e sua resistência térmica.

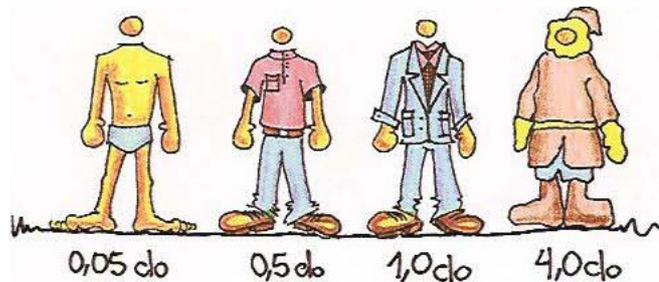


Figura 7 – Resistência térmica de algumas vestimentas.

Fonte: LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997, p. 43.

A resistência térmica parcial das roupas não tabeladas nas normas pode ser calculada através da equação (2) (ASHRAE, 2001 *apud* Wallauer, 2003, p. 14):

$$I_{clu} = (0,534 + 0,135x_f)(A_g/A_d) - 0,0549 \quad (2)$$

onde:

$x_f$  = espessura da roupa em mm;

$A_g$  = superfície do corpo coberta em m<sup>2</sup>;

$A_d$  = área de DuBois em m<sup>2</sup>.

<sup>5</sup> Em português roupa ou vestuário.

O método empregado por Fanger (1970), para definir o isolamento das vestimentas, foi por meio de manequins aquecidos. Para determinação da resistência térmica total das vestimentas  $I_{cl}$  utilizou-se a equação 3:

$$I_{cl} = 0,835 \sum I_{clu} + 0,161 \quad (3)$$

onde:

$I_{cl}$  = resistência térmica das vestimentas, clo;

$I_{clu}$  = resistência térmica parcial dos componentes da vestimenta, clo;

Ainda, quando se avalia o conforto térmico, em pessoas que estão dormindo ou sentadas em poltronas, é necessário considerar a superfície corporal em contato com a cama/poltrona, pois estas também influenciam na resistência térmica. Para determinar este acréscimo utiliza-se a equação 4 (Wallauer, 2003, p. 14):

$$\Delta I_{cl} = (0,748 A_{ch}) - 0,1 \quad (4)$$

onde:

$A_{ch}$  = área de contato entre a pessoa e a superfície em questão em m<sup>2</sup>.

Lin e Deng (2008) desenvolveram modelo para avaliar o conforto térmico em dormitórios, visto que a maioria das pesquisas estuda o conforto térmico para os ambientes de trabalho, sendo que os estudos que relacionam a qualidade do sono com o ambiente térmico são bastante dispersos. O modelo desenvolvido por Fanger foi adotado como base, entretanto a resistência térmica total foi considerada em função de algumas variáveis: roupa de cama, roupas de dormir, cama e colchão, a cobertura percentual da área da superfície do corpo por cama, velocidade e direção do ar, posição, entre outros. A partir da equação desenvolvida foi estabelecida relação entre o valor total de isolamento do sistema da cama e a temperatura neutra. O trabalho conclui que alterar o isolamento térmico total do sistema de cama altera aproximadamente a temperatura operativa ótima em 5,3 °C por clo, indicando que o valor do isolamento total oferecido por um sistema de cama é significativo para a temperatura térmica ser considerada neutra para pessoas dormindo. Além disso, o trabalho pondera as dificuldades de realizar experimentos com um número

estatisticamente significativo de pessoas dormindo e impossibilidade de entrevista das mesmas durante o sono.

Considerando-se que os pacientes em internação permanecem a maior parte do tempo sobre o leito, é necessário considerar neste trabalho a resistência do sistema de cama para a análise do conforto térmico.

Pan, Lin e Deng (2010) realizaram estudo para o desenvolvimento de um modelo matemático para calcular os valores totais de isolamento de vários sistemas de cama. Para elaboração do modelo o trabalho considerou como parâmetros o ângulo do colchão e da cama; a resistência térmica, os materiais, a espessura das roupas de cama; a superfície de contato do corpo com o colchão e a superfície coberta do corpo. Como resultado, concluíram que o isolamento é influenciado principalmente pela espessura e área do corpo coberta, sendo que o material de um componente de roupa teve uma influência limitada sobre o valor de isolamento. Ainda, concluem que em ambiente hospitalar, durante as estações onde o uso de ar condicionado é indispensável, o valor de isolamento térmico do sistema de cama deve ser utilizado, de modo que a temperatura do ar interior pode ser fixado em um valor que reduza o risco de pegar frio para os pacientes, melhorando o seu conforto térmico e eficiência energética do hospital.

Comparando-se os resultados para a resistência do sistema de cama alcançados pelo modelo desenvolvido por Pan, Lin e Deng (2010) e o método de cálculo utilizado por Wallauer (2003) percebeu-se que os valores obtidos são semelhantes, assim, neste trabalho será utilizado o trabalho de Wallauer (2003) para a resistência do sistema de cama.

### 2.2.2 Variáveis ambientais

As variáveis ambientais necessárias para a avaliação do conforto ambiental são definidas como: temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do ar e temperatura média radiante.

Em relação à temperatura do ar ( $T_a$ ), esta é a temperatura do ar ao redor das superfícies e do corpo humano, ou seja, a temperatura ambiente. É expressa em °C. A temperatura do ar pode ser medida com termômetros de mercúrio, de resistência

ou termopares. Um fator importante a ser considerado na medição da temperatura é o efeito de radiação das superfícies sobre o sensor, assim sendo deve-se colocar um anteparo de modo a evitar a interferência da radiação.

A umidade relativa do ar (UR) é o quociente da umidade absoluta do ar pela umidade absoluta do ar saturado para a mesma temperatura e pressão atmosférica, sendo expressa em percentagem (%). O psicrômetro é o instrumento mais utilizado para a obtenção desta variável.

A velocidade do ar ( $V_a$ ) é expressa em m/s. A velocidade do ar é obtida através de um termoanemômetro com capacidade de medir velocidades na ordem de 0,05 m/s, sendo que preferencialmente o sensor deve ser capaz de captar informações de todas as direções.

Já a temperatura média radiante ( $T_{rm}$ ) é a temperatura superficial uniforme de um ambiente imaginário constituído por superfícies negras, com o qual uma pessoa, também admitida como superfície negra, troca a mesma quantidade de calor por radiação que aquela trocada com o ambiente real não uniforme (NBR 15.220-1, 2005). É expressa em °C. Para o cálculo da  $T_{rm}$  é necessário obter-se os valores de temperatura de globo ( $T_g$ ),  $V_a$  na altura do globo e de  $T_a$ . Quando não é possível obter-se os valores para o cálculo, pode-se atribuir a  $T_{rm}$  o mesmo valor de  $T_a$ .

#### 2.2.2.1 Medições das variáveis ambientais

As características dos instrumentos de medição das variáveis ambientais são especificados na norma ISO 7726 (1998), sendo que sua aplicação destina-se para o estudo do conforto térmico assim como para análise de ambientes moderados e extremos de estresse térmico, de modo a padronizar o registro de informações das variáveis ambientais.

De acordo com a ASHRAE 55 (2010) as medições das variáveis ambientais devem ser feitas em áreas ocupadas das edificações e os equipamentos posicionados nos locais representativos ocupados pelos usuários. As medições devem ser tomadas em locais onde os valores mais extremos dos parâmetros térmicos são observados a ocorrer e afastadas no mínimo 1 metro das janelas. A

umidade precisa ser determinada em apenas um local dentro da zona ocupada em cada sala, desde que não existam razões para grandes variações dentro do espaço.

Quanto à altura das medições, temperatura e velocidade do ar devem ser medidas nos níveis 0,1, 0,6 e 1,1 m para ocupantes sedentários. As medições de atividades em pé devem ser feitas nos níveis 0,1, 1,1 e 1,7 m. A temperatura ou PMV-PPD deve ser medido ou calculado no nível 0,6 m para ocupantes sentados e 1,1 m para ocupante em pé. A umidade deve ser medida em qualquer nível dentro da zona ocupada se apenas uma localização de medição for necessária.

O período de medições para determinar a velocidade média do ar em qualquer local deve ser de três minutos. As medições devem ser feitas a cada cinco minutos ou menos, por pelo menos duas horas, para estabelecer a natureza do ciclo da temperatura. O uso de um gravador automático é o método aconselhável de medição.

É apropriado também medir as vestimentas e níveis de atividades dos ocupantes, os quais devem ser estimados na forma de valores médios durante um período de 0,5 a 1,0 hora imediatamente antes da medição de parâmetros térmicos.

### 2.2.3 Avaliação do conforto térmico

A definição de um índice de conforto térmico, que considere as diversas variáveis ambientais e pessoais, anteriormente abordadas, foi estudada ao longo do tempo, gerando diversos métodos de avaliação. Dentre os métodos existentes o mais divulgado e aceito foi o desenvolvido por Fanger (1970), conhecido como *Predicted Mean Vote* (PMV) ou Voto Médio Estimado (VME).

O número de parâmetros que interferem no conforto térmico e as diversas possibilidades de cruzamento entre as mesmas tornam a avaliação do conforto uma tarefa complexa. As normas internacionais ASHRAE 55 (2010) e ISO 7730 (2005) apresentam estudos para a avaliação do conforto térmico, sendo que a elaboração dessas normas baseou-se principalmente no método proposto por Fanger (1970).

Segundo Marcondes et al. (2010) a ISO 7730 (1994), atualizada em 2005, estima o *Predicted Percentage of Dissatisfied* (PPD) ou Percentual de Pessoas Insatisfeitas (PEI) em um determinado ambiente, recomendando valores inferiores a

10-15%. Entretanto, estes parâmetros restringem-se às condições de temperatura ( $T_{bs}$  entre 10°C e 30°C), umidade (UR entre 30% e 70%) e velocidade do ar menor de 1 m/s. A ASHRAE-55 (2010), por sua vez, define zonas de conforto diferenciadas para verão e inverno, permitindo um desconforto de até 20% quando considerado o desconforto local, entretanto o desconforto aceito pelo cálculo do PPD é de até 10%. A temperatura operativa ( $T_o$ ) e umidade relativa do ar (UR) são as variáveis que estabelecem a zona de conforto para o inverno e verão.

Fanger elaborou a chamada equação de conforto, com a qual foi possível calcular todas as combinações das variáveis ambientais para uma determinada combinação das variáveis pessoais para se ter o conforto térmico. Esta equação partiu da premissa de que para haver conforto térmico o corpo deve estar em equilíbrio térmico, ou seja, com uma determinada temperatura média da pele ( $T_p$ ) e perdendo certa quantidade de calor por evaporação do suor ( $C_{ev}$ ).

“A equação de conforto é bastante complexa, uma vez que os processos de transferência de calor envolvidos são relativamente complicados” (FANGER, 1970, p.43). Em função desta complexidade, Fanger desenvolveu, com a ajuda de um computador, uma série de combinações entre as variáveis pessoais e ambientais relevantes, que foram representadas em Diagramas de Conforto, as quais simplificam a equação de conforto e demonstram situações de conforto térmico.

Para a obtenção dos Diagramas de Conforto algumas variáveis foram simplificadas:

- Níveis de atividade: sedentária ( $met = 58,2 \text{ W/m}^2$ ), média ( $met = 116,4 \text{ W/m}^2$ ) e pesada ( $met = 174,6 \text{ W/m}^2$ );
- Vestimenta: sem roupa (0 clo); roupa leve (0,5 clo); roupa média (1,0 clo) e roupa pesada (1,5 clo);
- A temperatura média radiante ( $T_{rm}$ ) igual à temperatura do ar –  $T_a$  ( $T_{bs}$ );
- UR igual a 50% para  $T_{rm}$  diferente da temperatura do ar.

Entretanto, de acordo com Ruas (1999b), era necessário conhecer-se o grau de desconforto das pessoas nos ambientes. Assim foi definido por Fanger o Voto Médio Estimado (VME), que é um critério para avaliar o grau de desconforto. O VME relaciona as variáveis que influenciam no conforto térmico com uma escala de sensação térmica.

Lamberts, Dutra e Pereira (1997) e Ruas (1999a) mencionaram que o Voto Médio Estimado (VME) foi definido através de um processo experimental, no qual

Fanger avaliou mais de 1.300 pessoas em determinadas condições ambientais. As pessoas determinavam um voto numa escala numérica para a sensação de frio ou calor. A escala de sensação térmica utilizada por Fanger está representada na tabela 1.

Tabela 1 – Escala de sensação térmica.

muito frio	frio	leve frio	neutro	leve calor	calor	muito calor
-3	-2	-1	0	1	2	3

Fonte: adaptado de FANGER, 1970, p. 110

Com base nas informações levantadas, Fanger definiu uma equação para o VME. Assim como no caso da equação de conforto, para a aplicação prática foi definida uma tabela, na qual foram definidos os valores do VME para diversas situações.

Ruas (1999b) ressaltou que as tabelas do VME não observam a umidade relativa do ar e a temperatura média radiante ( $T_{rm}$ ), porque a UR foi considerada igual a 50% e a  $T_{rm}$  igual a  $T_a$ . Sendo assim, para aplicação prática das tabelas e definição da sensação térmica real foi necessário definir coeficientes de correção os quais também foram dispostos em gráficos.

Considerando que é impossível obter-se um ambiente onde 100% das pessoas o considerem confortável e a partir de outras experiências Fanger correlacionou o VME (também conhecido como PMV – *predicted mean vote*) com a porcentagem de pessoas insatisfeitas – PEI (também conhecido como PPD – *predicted percentage of dissatisfied*). A figura 8 representa o Voto médio estimado (VME) em função do percentual de pessoas insatisfeitas (PEI).

Ao observar-se a figura 8, comprova-se que a unanimidade na satisfação em relação ao conforto térmico não existe, visto que mesmo na condição de neutralidade existem 5% de pessoas insatisfeitas.

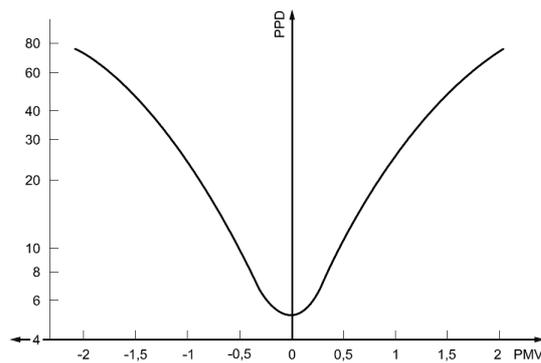


Figura 8 – Gráfico PMV x PPD.

Fonte: ISO 7730, 2005, p. 5

Segundo Marcondes, et.al. (2010), as normas internacionais são discutíveis quando da avaliação de edifícios naturalmente ventilados ou com sistemas mistos de condicionamento e, também, descartam situações extremas de calor e umidade. Os estudos realizados para o relatório de revisão da ASHRAE em 2004, denominado RP-884, indicaram que usuários de edificações com ventilação natural são mais tolerantes à variação das condições térmicas: “o relatório propõe um índice de conforto adaptativo, apresentando um modelo empírico que incorpora questões como aclimação, vestuário, comportamento e tolerância a variações climáticas”. (Marcondes, et.al., 2010, p. 11).

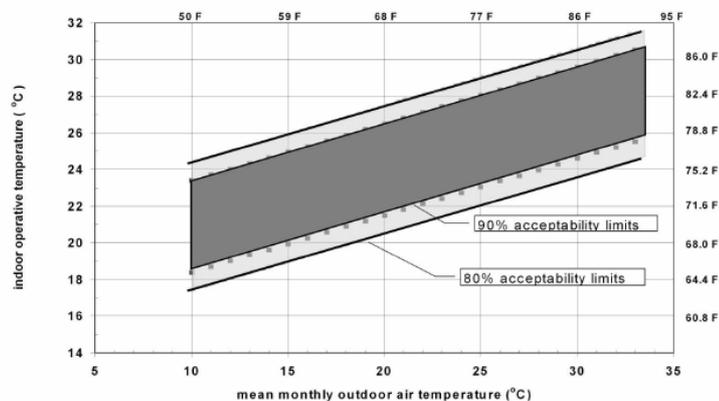


Figura 9 – Temperatura operativa aceitável para ambientes ventilados naturalmente.

Fonte: ASHRAE 55, 2010, p. 12.

Assim, a ASHRAE 55 (2010) propôs o método alternativo, o qual é utilizado para avaliação de ambientes ventilados naturalmente (Figura 9). Neste método o valor do isolamento da roupa não é considerado como variável de influência, pois se considera que os usuários do ambiente adaptam sua roupa conforme a temperatura externa.

A velocidade do ar num espaço influencia a troca de calor por convecção entre a pessoa e o ambiente, influenciando o conforto térmico geral do corpo (perda de calor), expresso pelo índice PMV-PPD. Não há uma velocidade mínima do ar necessária para o conforto térmico, no entanto, o aumento da velocidade do ar pode ser utilizado para compensar a sensação de calor provocada pelo aumento da temperatura. Muitas vezes a velocidade do ar é aumentada pela abertura de janelas ou a utilização de ventiladores para adaptar ambientes mais quentes. Altas velocidades do ar podem ser usadas para compensar um aumento na temperatura do ar e da temperatura média radiante, mas não mais do que 3.0°C acima dos valores da zona de conforto e a velocidade do ar necessária não pode ser maior do que 0,8m/s. (ASHRAE 55, 2010; ISO 7730, 2005). A figura 10 mostra o valor no qual a temperatura pode ser aumentada em função do aumento da ventilação, correspondentes ao conforto no verão considerando vestimentas com 0,5 clo e atividades sedentárias de 1,2 met.

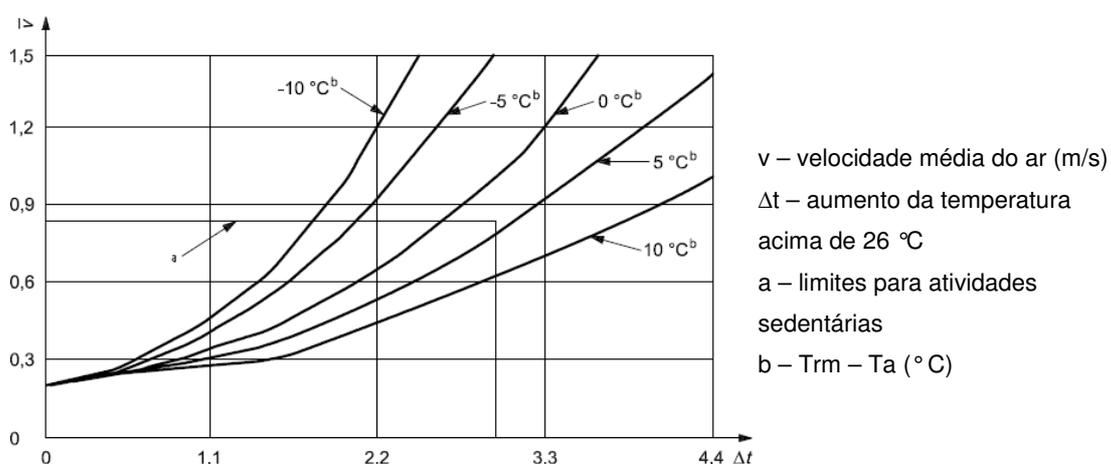


Figura 10 – Velocidade média do ar (m/s) necessária para incremento de temperatura (°C).

De Vecchi (2011) analisou a aceitabilidade da velocidade do ar em ambiente escolar para as condições de conforto térmico. O estudo ocorreu em Florianópolis /SC nos períodos quentes onde foram realizadas medições de umidade e temperatura e aplicados questionários. O trabalho coloca que estudos de campo verificaram que ambientes ventilados naturalmente apresentam maior tolerância a temperaturas altas, onde a velocidade do ar poderia ser de até 2,5 m/s. Entretanto, os resultados do trabalho de De Vecchi (2011) mostraram que a movimentação do ar com valores acima dos encontrados na literatura e nas normas internacionais até o limite de 0,90m/s são bem aceitos em Florianópolis/SC para condições de tempo quente e úmido.

Existem diferenças de preferência entre indivíduos em relação à velocidade do ar, portanto as velocidades do ar elevadas devem estar sob o controle direto dos ocupantes. Importante ressaltar que o aumento de velocidade do ar é mais eficiente para a perda de calor quando a temperatura radiante é alta e a temperatura do ar é mais baixa, caso contrário o incremento na velocidade do ar é pouco eficiente.

Algumas pesquisas abordaram a avaliação do conforto térmico em hospitais sob diferentes focos: relacionados ao conforto dos pacientes, dos trabalhadores, da eficiência energética dos edifícios e das soluções bioclimáticas para a arquitetura.

As soluções bioclimáticas da arquitetura modernista e seu impacto no conforto no contexto hospitalar foram abordados por Mascarello (2005), onde tanto pacientes e funcionários demonstraram satisfação quanto aos ambientes. A avaliação concluiu que a edificação se beneficia pela orientação solar norte e sul, ventilação cruzada, elementos estruturais, permeabilidade e iluminação natural, demonstrando que os princípios da arquitetura modernista e o conforto em ambientes hospitalares são possíveis e compatíveis com a eficiência energética.

Baltar (2006) utilizou o programa de simulação EnergyPlus para analisar a eficácia de alternativas construtivas em treze quartos de internação do Hospital Bruno Born em Lajeado/RS. O trabalho objetivou avaliar o consumo energético para o conforto térmico, em ambientes com condicionamento artificial, considerando a manutenção da temperatura recomendada pela NBR 6401. Como resultado o trabalho apresentou que a utilização de sistemas construtivos termicamente adequados é viável economicamente quando utilizados na concepção do projeto ou nas reformas de manutenção, sendo apenas em alguns casos viáveis intervenções de retrofit apenas para melhor desempenho.

Além dos trabalhos já citados outras pesquisas internacionais buscaram avaliar o conforto nas áreas de internação dos hospitais, dentre os quais foram destacados os de Skoog, Fransson e Jagemar (2005) que analisaram quantitativamente e qualitativamente o conforto térmico de um hospital na Suécia nos períodos de inverno e verão, cujos resultados demonstraram diferença na percepção da temperatura entre funcionários e pacientes, principalmente no período de inverno.

Lomas e Giridharan (2012) pesquisaram as temperaturas internas durante o dia e a noite, em enfermarias da torre do hospital Addenbrooke no Reino Unido, com o objetivo de avaliar as condições das edificações resistirem às mudanças climáticas e temperaturas extremas de verão, a fim de evitar ou minimizar o uso de ar condicionado, atualmente inexistentes, visando a sustentabilidade. Foram realizadas medições no local e entrevistas, sendo os dados utilizados para a simulação e modelagem em programa. As previsões do modelo mostraram que para pessoas sensíveis e frágeis 90% dos ambientes foram considerados desconfortáveis já nas condições atuais e para pessoas normais o ambiente seria confortável. Ainda colocam que o modelo adaptativo para ambientes ventilados naturalmente apresenta resultados mais satisfatórios quando aplicado para enfermarias individuais, e que esta é uma tendência nos hospitais do Reino Unido, entretanto maiores pesquisas em outros locais são necessárias para validar definitivamente o modelo.

Verheyen et. al. (2010) investigaram, através de medições físicas e subjetivas, a satisfação com o conforto térmico de diferentes grupos de pacientes e diferentes alas de internação clínica e cirúrgica de um hospital na Bélgica. Participaram da pesquisa 99 pacientes em quartos individuais ou duplos. Os resultados mostraram que a diferença entre a percentagem prevista de insatisfeitos (PPD), obtida pela aplicação da ISO 7730, em função do Voto Médio real, obtido a partir do PPD de votos subjetivos de aceitabilidade pessoais não é significativo, pois circundam 5% de todas as enfermarias. Isto significa que os índices PMV e PPD podem ser utilizados para prever respostas térmicas.

Entretanto, as avaliações realizadas Verheyen et. al. (2010) de acordo com ASHRAE mostraram que 29% dos ambientes térmicos não cumprem os intervalos de temperatura e umidade relativa, indicando que as condições ambientais para os quartos dos pacientes do hospital recomendado pela ASHRAE são demasiado exigentes para os pacientes incluídos no estudo ou que a adaptação possivelmente

permite intervalos maiores de conforto. Enfim, considerando que na avaliação direta, o ambiente térmico destas unidades de saúde belgas são aceitáveis para 95% dos pacientes, o PMV de pacientes pode ser calculado usando a ISO 7730.

## **2.3 Desempenho térmico das edificações**

O desempenho térmico de uma edificação está relacionado às trocas térmicas da edificação com o meio, sendo que diversos fatores influenciam no comportamento térmico, como as características dos materiais e do meio.

A forma da edificação e dos ambientes expressa por suas alturas e profundidades, aliadas a orientação solar interferem no desempenho térmico da edificação. Do mesmo modo, o espaço urbano onde está inserida a edificação pode potencializar ou minimizar fatores tais como: a incidência solar, ventilação, radiação e reflexão das superfícies. Segundo Rivero (1986), a harmonia entre edifício e cidade não é só espacial e funcional, deve haver coerência destes às solicitações térmicas do clima.

Por fim, a interface destes diversos fatores determina o comportamento térmico das edificações, o qual influencia no conforto térmico. A seguir são apresentados as principais variáveis de trocas térmicas de uma edificação.

### **2.3.1 Fechamentos opacos**

A transmissão de calor nos fechamentos opacos ocorre quando há diferença de temperatura entre o interior e o exterior, sendo que o fluxo acontece das maiores para as menores temperaturas como demonstrado na figura 11, sendo que a capacidade de transmitir e refletir a energia depende das características dos materiais.

A resistência térmica de um material pode ser definida como a dificuldade de condução do calor dentro do material, sendo que esta depende da relação

estabelecida entre a espessura do material e a condutividade. A transmitância térmica é o inverso da resistência térmica.

A inércia térmica pode ser definida como a capacidade que um material tem de amortecer as ondas de energia e retardar sua transmissão, exemplificado através da figura 11b, sendo vinculada à espessura e a massa específica do material.

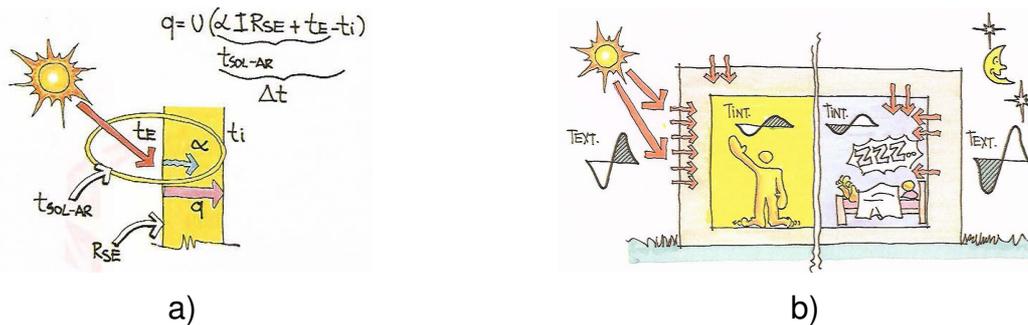


Figura 11 – Radiação solar em fechamentos opacos: a) sem inércia e b) com inércia.

Fonte: LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997, p. 62 e 64.

### 2.3.2 Fechamentos transparentes e translúcidos

Quando os fechamentos transparentes não estão expostos à radiação solar direta as trocas térmicas acontecem do mesmo modo que nos elementos opacos.

Quando ocorre a incidência da radiação solar, a energia radiante incidente tem uma parcela refletida, outra absorvida e uma parcela que é transmitida diretamente ao interior da edificação. A fração de energia refletida é definida pelo coeficiente de reflexão ou refletância ( $\rho$ ), já a parcela absorvida se transforma em calor no interior do corpo, cujo coeficiente é definido como absorvância ( $\alpha$ ). Conforme demonstrado na figura 12, o percentual de radiação transmitido, refletido e absorvido varia de acordo com o comprimento de onda e as características do material.

Em situações de clima frio os ganhos térmicos por radiação através de fechamentos transparentes é interessante, mas é importante observar que o fluxo de energia ocorre sempre no sentido do lado mais quente para o mais frio, assim é

preciso atentar para que não haja fluxo inverso, ou seja, perda de calor interno para o exterior, quando não ocorre incidência solar. O uso de películas seletivas pode auxiliar no controle do tipo de radiação que passa pela superfície, controlando a emissão de calor e também os raios de luz visível.

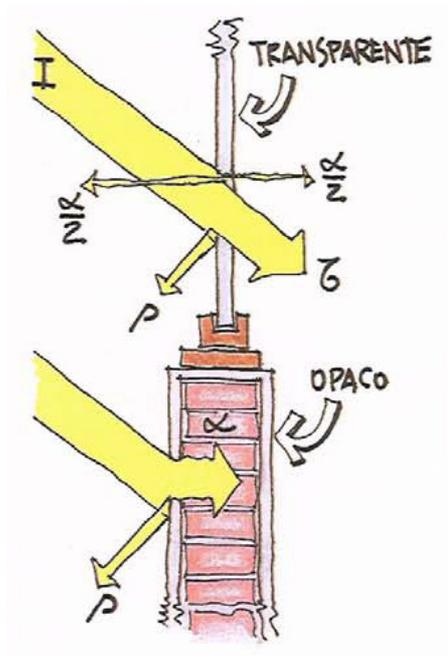


Figura 12 – Trocas térmicas em fechamentos transparentes e opacos.

Fonte: LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997, p. 56.

Outra característica importante do material é o fator solar, o qual pode ser definido como o percentual total de radiação solar incidente transmitido através do material para o interior, sendo caracterizado pela soma da parcela que passa diretamente por transparência e a parcela absorvida e reemitida.

As proteções solares podem ser utilizadas tanto em paredes opacas (revestimentos de fachadas ventiladas) quanto translúcidas (*brise soleil*) e cumprem um papel importante no controle da radiação transmitida para o interior dos ambientes. Neste sentido se observa a importância de avaliar a utilização destes elementos. Em climas onde as estações do ano são bem definidas com invernos frios e verões quentes, como é o caso de Santa Maria, o uso destes elementos deve

permitir o aproveitamento da energia solar para aquecimento no inverno e proteção com sombra nos dias quentes.

### 2.3.3 Ventilação

Como já colocado anteriormente, a ventilação é uma aliada importante para o conforto térmico dos ambientes, pois tem por função o resfriamento das superfícies e facilitar as trocas térmicas humanas. Avaliando-se pesquisas realizadas e o exposto por Bittencourt e Cândido (2008), o uso da ventilação para conforto é indicado para temperaturas entre 18°C e 32°C com velocidade máxima de aproximadamente 2 m/s. Acima dos 32°C os ganhos térmicos por convecção são indesejáveis e abaixo do 18°C amplia o desconforto por frio. Assim sendo, no caso de baixas temperaturas a ventilação deve ser usada apenas com a função de higienizar o ambiente.

O deslocamento do ar pode acontecer de forma natural, a qual ocorre por diferença de pressão ou diferença de temperatura ou de forma artificial, através do insuflamento e exaustão. Outros fatores que influenciam na ventilação são a forma e as características construtivas; forma e características da vizinhança; localização e orientação da edificação; posição, tamanho e tipo de aberturas; direção, velocidade e frequência dos ventos.

As soluções mais utilizadas para a utilização da ventilação são: ventilação da cobertura, ventilação cruzada, ventilação sob a edificação e captadores de vento. A figura 13 evidencia alguns usos importantes da ventilação.

Importante destacar que em climas mais severos a utilização destas estratégias não elimina a necessidade de sistemas artificiais de condicionamento de ar, entretanto reduz sua utilização de forma significativa para uso somente nos dias de extremo calor ou extremo frio. Dessa forma garante economia de energia e qualidade ambiental.

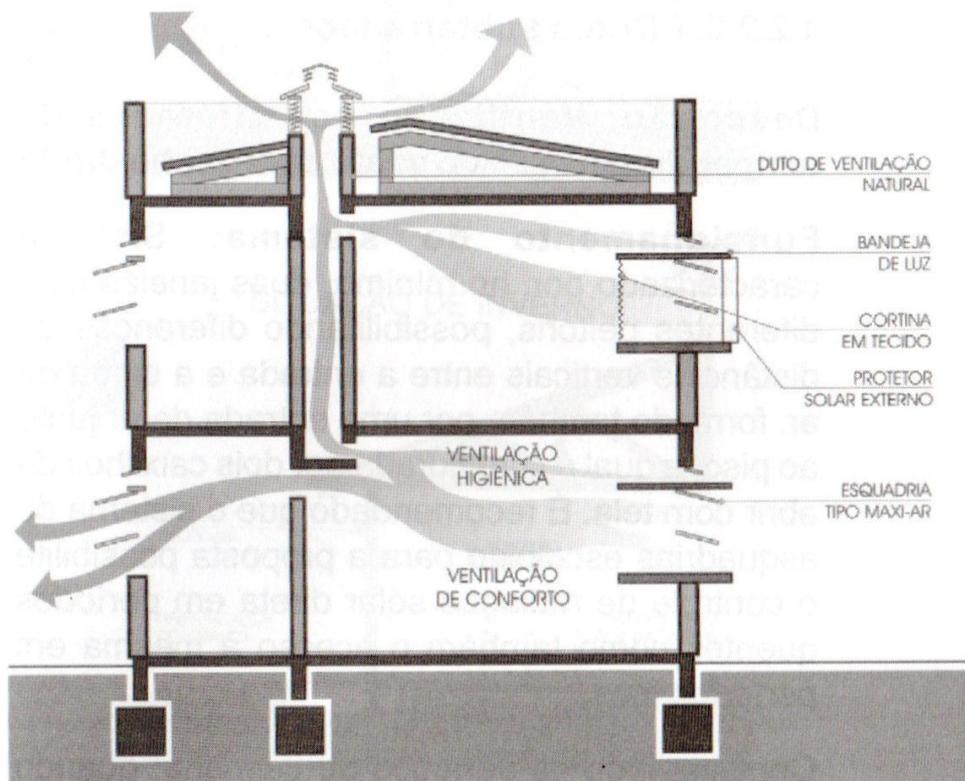


Figura 13 – Usos de ventilação.

Fonte: CUNHA et. al., 2006, p. 135.

Em estudos sobre a obra do arquiteto Lelé o uso de estratégias bioclimáticas, tecnologia e cuidado com a qualidade ambiental vem sendo analisados, entre eles o de Westphal (2007), o qual descreve os elementos que caracterizam a linguagem arquitetônica que conferem identidade aos projetos de Lelé e os seus sistemas construtivos.

Caram e Perén (2007) realizaram estudo das vantagens da ventilação natural como estratégia bioclimática para a obtenção do conforto térmico em climas quente-úmidos, através da análise do hospital Sarah Kubitschek Fortaleza. Além disso, Ribeiro (2007) aborda a evolução da obra de Lelé de forma qualitativa e reflexiva, sendo que a análise considera que a obra deste arquiteto é referência para a arquitetura hospitalar brasileira quanto ao conforto ambiental, sustentabilidade, tecnologia e meio ambiente. A figura 14 exemplifica um sistema de ventilação utilizado na obra de Lelé.

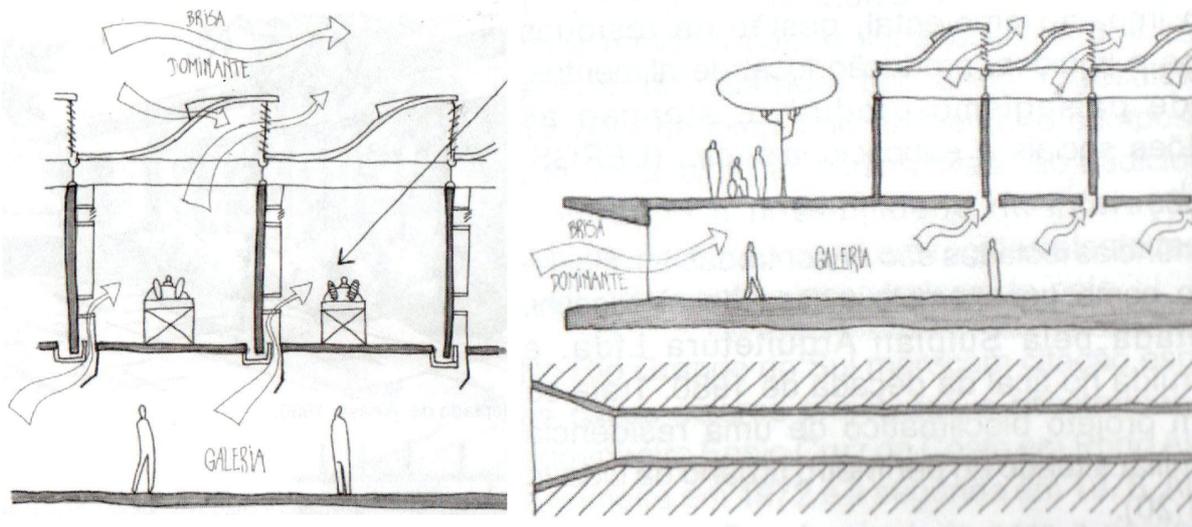


Figura 14 – Usos de ventilação por galerias: arquiteto Lelé.

Fonte: CUNHA et. al., 2006, p. 33 e 34.

Considerando as peculiaridades e complexidade de um projeto para edifícios hospitalares e os custos que envolvem sua manutenção, o uso destes conceitos nos projetos é de extrema relevância, tanto do ponto de vista econômico, quanto da qualidade ambiental e humanização.

## 2.4 Normas de desempenho térmico brasileiras

Atualmente existem duas normas brasileiras de desempenho térmico de edificações: a NBR 15.220 (2005) e a NBR 15.575 (2013), entretanto ambas tratam de edificações destinadas à habitação.

A NBR 15.220 (2005) trata da avaliação do desempenho térmico das edificações unifamiliares de interesse social e está dividida em cinco partes: a primeira apresenta as definições, símbolos e unidades. Na segunda parte são definidos os métodos de cálculo da transmitância térmica, capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos componentes de edificações, enquanto que a terceira parte está destinada ao zoneamento bioclimático brasileiro e às

diretrizes construtivas para habitações de interesse social. As partes quatro e cinco tratam de métodos para medição da resistência e condutividade térmica.

Esta norma apresenta recomendações aplicáveis à fase de projetos, portanto não se aplica diretamente para avaliação do desempenho térmico neste trabalho. Entretanto, o zoneamento bioclimático e suas diretrizes construtivas, assim como os cálculos das características dos materiais serão considerados para análise do desempenho.

A NBR 15.575 (2013) trata do desempenho de edificações habitacionais e foi estabelecida objetivando atender às exigências dos ocupantes das edificações, incentivar o desenvolvimento tecnológico e orientar a avaliação da eficiência técnica e econômicas, avaliando o comportamento em conjunto dos sistemas que compõem as edificações. A parte 1 da norma estabelece os requisitos gerais para o desempenho térmico, observando o zoneamento bioclimático brasileiro definido na NBR 15.220-3.

Segundo essa norma a análise do desempenho pode ser realizada através de três procedimentos:

- Simplificado (normativo): que verifica o atendimento de requisitos e critérios para os sistemas de vedação e cobertura de acordo com as partes 4 e 5 desta norma;
- Medição (informativo): onde se verifica, com o levantamento do local ou através de protótipos, conforme estabelecido no anexo A da parte 1 desta norma;
- Simulação computacional: o qual utiliza informações geográficas e dados climáticos, correspondentes aos dias típicos de projeto de verão e inverno, recomendando o emprego do programa *Energyplus*.

Neste trabalho será realizada análise de desempenho apenas pelo método simplificado para verificação da adequação dos sistemas de vedação.

Para verificação da adequação das paredes externas através do procedimento simplificado a parte 4 da norma apresenta requisitos de capacidade e transmitância térmica, conforme a zona bioclimática que a edificação está inserida. No caso deste trabalho a edificação estudada está localizada na zona bioclimática 2, sendo que o critério mínimo a ser atendido para transmitância térmica é  $U \leq 2,5$  W/m<sup>2</sup>.K e para a capacidade térmica (CT) o valor admitido deve ser de  $CT \geq 130$  kJ/m<sup>2</sup>.K. O método de avaliação deve seguir o estipulado na NBR 15.220-2 (2005).

As aberturas para ventilação nos ambientes de longa permanência devem ter dimensões adequadas para proporcionar a ventilação interna, atendendo minimamente aos critérios do Código de Obras e Sanitário local. Para a zona bioclimática 2 as aberturas devem ser médias, ou seja, a área efetiva de ventilação (descontados montantes e perfis) corresponder a, no mínimo, 7% da área total do piso.

A parte 5 da norma estabelece os requisitos e critérios de desempenho da cobertura, que no caso deste trabalho não será abordado, visto que a análise foi realizada no 4º pavimento, onde não há interferência do sistema de cobertura.

## 2.5 Arquitetura bioclimática

As preocupações com o meio ambiente e as restrições impostas pela crise energética nas últimas décadas ocasionaram o retorno das preocupações com a arquitetura bioclimática. Cunha et al. (2006) afirma que não existe uma “arquitetura bioclimática” mas a arquitetura simplesmente. Desde os tempos mais remotos o homem buscou abrigo com o objetivo de proteção e condições de conforto, como se observa na arquitetura vernacular que foi extremamente influenciada pelo clima (KEELER e BURKE, 2010).

Cunha et al. (2006) pondera que o grande condicionante arquitetônico está no contexto e entorno. A arquitetura bioclimática (ou sustentável) não é simplesmente uma invasão de novas tecnologias desenvolvidas, mas está relacionada ao projetar considerando o lugar, o clima, a insolação, que podem ser melhorados com as novas tecnologias. Assim,

O conhecimento do clima, aliado ao dos mecanismos de trocas de calor e do comportamento térmico dos materiais, permite uma consciente intervenção da arquitetura, incorporando os dados relativos ao meio ambiente externo de modo a aproveitar o que o clima apresenta de agradável e amenizar seus aspectos negativos (FROTA e SCHIFFER, 2001, p.16).

Neste contexto, as estratégias de arquitetura bioclimática podem e devem ser utilizadas para a melhoria das condições de conforto dos ambientes, inclusive para o

condicionamento térmico, de modo a fazer uso dos recursos naturais, tais como sol, vento e biomassa, na perspectiva de poupança de energia e autonomia.

As condições de conforto, almejadas pelos ocupantes dos espaços, influenciam o consumo energético, dessa forma quando utilizadas estratégias bioclimáticas adequadas é mais fácil atingir as condições de conforto térmico ou então reduzir o consumo energético, caso contrário há maior consumo de energia. (BALTAR, 2006). Para Frota (2001), a utilização da climatização natural está vinculada aos limites, de temperatura média externa, compreendidos entre 18 °C e 28 °C.

### 2.5.1 Estratégias arquitetônicas para o conforto térmico

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (1997) a carta bioclimática proposta por Givoni (1992) é a que mais se adapta ao clima brasileiro. A carta constitui-se de um diagrama psicrométrico que relaciona a temperatura do ar e a umidade relativa, como demonstrado na figura 15. Com os dados climáticos do local de projeto lançados sobre a carta, obtém-se as estratégias bioclimáticas recomendadas para o projeto de edificações residenciais.

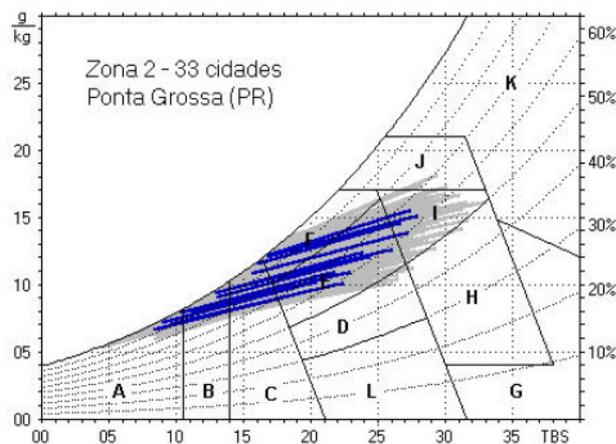


Figura 15 – Carta Bioclimática para Zona 2

Fonte: ABNT (NBR 15220-3), 2005, p. 4.

De acordo com a NBR 15220-3 (2005) as zonas da carta bioclimática correspondem às seguintes estratégias: A – zona de aquecimento artificial, 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 umidificação, G + H – zona de resfriamento evaporativo, H + I – zona de massa térmica de refrigeração, I + J – zona de ventilação e L – Zona de umidificação do ar.

O uso, de cada uma das estratégias, está vinculado a diversos materiais e elementos projetuais de arquitetura, que geralmente são usados de forma associada, a fim de alcançar o conforto térmico sem a utilização da climatização artificial. Certamente, em climas mais severos será obrigatório o uso de condicionamento artificial, tanto para aquecimento como para resfriamento, entretanto, o tempo necessário de uso deste tipo de estratégia será bastante reduzido quando empregados os princípios bioclimáticos nas soluções arquitetônicas e de implantação urbana.

### 2.5.2 Zoneamento bioclimático brasileiro

A extensão continental do território brasileiro define características climáticas bastante diferenciadas para as regiões do país, fato este que determina condições e estratégias distintas de projeto arquitetônico para cada região.

A figura 16 indica o zoneamento bioclimático brasileiro, o qual está definido na NBR 15220-3 (2005) e foi adaptado da Carta Bioclimática sugerida por Givoni, compreendendo oito zonas diferentes. Ressalta-se, porém, que esse zoneamento foi definido considerando habitações térreas de interesse social.

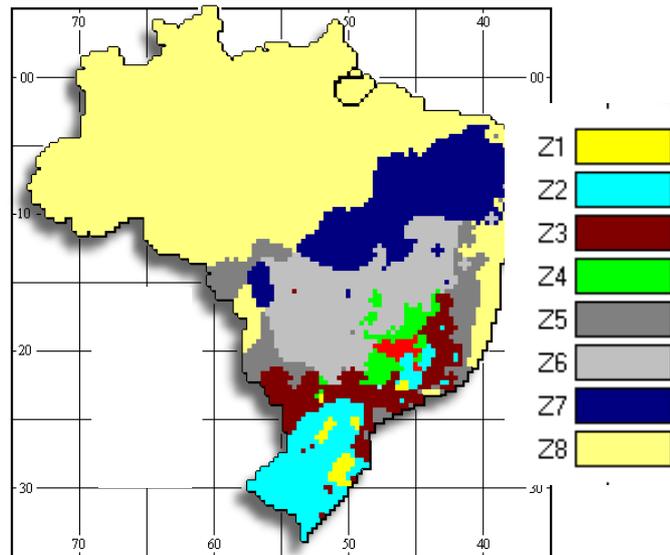


Figura 16 – Zoneamento bioclimático brasileiro.

Fonte: adaptado ABNT (NBR 15220-3), 2005, p. 2.

Santa Maria, localizada na região central do Rio Grande do Sul, está inserida na Zona Bioclimática 02, com clima mesotérmico e úmido, ventos predominantes leste e sudeste. São recomendadas para esta zona as estratégias da Norma 15220-3 (2005) listadas na tabela 2.

Tabela 2 – Estratégias para a Zona Bioclimática 02.

Aberturas	Aberturas para ventilação – médias Sombreamento das aberturas Permitir sol durante o inverno
Vedações externas	Parede: Leve Cobertura: Leve Isolada
Estratégias de condicionamento térmico passivo	Verão: J) Ventilação cruzada Inverno: B) Aquecimento solar da edificação C) Vedações internas pesadas (inércia térmica) NOTA: o condicionamento passivo será insuficiente durante o período mais frio do ano. Os códigos J, B e C são os mesmos adotados na metodologia utilizada para definir o zoneamento bioclimático do Brasil (ver anexo B).

Fonte: adaptado de ABNT (NBR 15220-3), 2005.

## 2.6 Programas computacionais utilizados na análise de conforto e desempenho térmico

Para a realização deste trabalho foram utilizados os programas computacionais *Analysis 1.5* e *DesignBuilder* na análise do conforto térmico e do desempenho térmico.

O Programa *Analysis 1.5.*, desenvolvido pelo Núcleo de Pesquisa em Construção Civil da USFC, é utilizado para análise do conforto térmico. O programa apresenta resultados do percentual de insatisfeitos e possui interface bastante simplificada. Os dados das variáveis humanas (vestimenta e atividade física) e das variáveis ambientais (temperatura do ar, velocidade do ar, temperatura radiante média e umidade relativa) devem ser lançados manualmente no programa. A figura 17 apresenta a tela do programa utilizado para análise do conforto térmico, onde são lançados os dados.



Figura 17 – Tela para entrada de dados para análise do conforto.

Fonte: Programa *Analysis 1.5*.

Os valores obtidos nas medições devem ser lançados para cada uma das horas dos dias avaliados obtendo-se os resultados de acordo com a figura 18 (a).

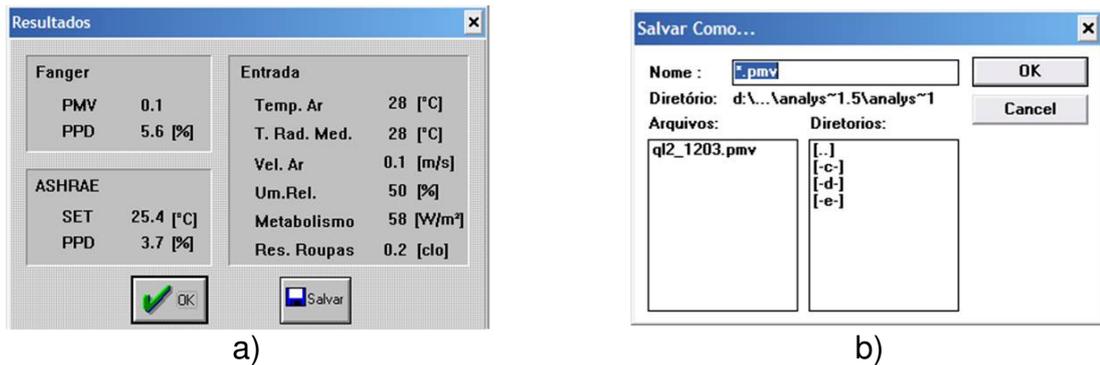


Figura 18 – Tela de resultado e salvar: a) tela de resultado e b) tela de salvar como.

Fonte: Programa *Analysis* 1.5.

Os resultados podem ser salvos de acordo com o demonstrado na figura 18 (b) ou anotados manualmente em planilhas, a fim de possibilitar a elaboração de gráficos.

O programa *DesignBuilder* foi desenvolvido no Reino Unido pela *DesignBuilder Software* Ltda. para realizar simulações de desempenho termoenergético de edificações. Ele é uma interface avançada do software *EnergyPlus*, o qual é o responsável pela realização dos cálculos e simulações. O *EnergyPlus* foi desenvolvido pelo Departamento de Energia (DOE) dos Estados Unidos, sendo um dos mais utilizados na área, contudo a introdução de dados neste programa é complexa e trabalhosa.

Segundo Lima (2007) e Pedrini e Venâncio (2009), o programa *DesignBuilder* consiste numa ferramenta cuja interface utiliza os algoritmos do *EnergyPlus* e corrige suas limitações gráficas no processo de modelagem, simplificando a introdução de dados e o processo modelagem, apresentando melhor interface de trabalho.

O uso da ferramenta permite fundamentar decisões projetuais de novas edificações, como também, oferecer suporte a propostas de *retrofit* permitindo cálculo do consumo de energia. Os principais usos do programa são: cálculo do consumo de energia, cálculo do desempenho e conforto térmico, cálculo de ventilação (taxa de renovação por hora) e perdas térmicas, predição de temperatura do ar e temperatura radiante média. Para a simulação ainda é necessário definir o padrão de ocupação, os quais permitem controlar algumas situações da simulação

ao longo do tempo. Os resultados podem ser obtidos em dados horários, diários, semanais, mensais ou anuais.

Em relação à modelagem é possível dividir os volumes da edificação em zonas térmicas com aplicações diferentes, o arquivo pode ser importado tanto para 3D quanto para 2D para geração dos volumes. Os elementos construtivos podem ser personalizados ou configurados pelo banco de dados existente no programa de acordo com a necessidade (ZÓFOLI, 2011).

Ainda, a ferramenta permite ajustes na ventilação natural, pela abertura de esquadrias a partir da definição de uma temperatura base e modelagem detalhada das janelas com caixilhos. É possível simular diferentes sistemas de climatização e com várias capacidades, iluminação natural, estratégias de sombreamento, fachadas duplas, entre outros.

A escolha para utilização do programa *DesignBuilder* para este trabalho ocorreu em virtude de sua confiabilidade, baseada nos algoritmos do *EnergyPlus*, e também em função da versatilidade de modelagem devido à interface gráfica.

### **3 METODOLOGIA**

A metodologia a seguir descrita aborda os procedimentos técnicos, instrumentais e métodos que foram utilizados para o levantamento de informações das características físicas, ambientais e de uso da área de internação avaliada do Hospital Universitário de Santa Maria - RS, assim como as ferramentas de análise que foram utilizadas.

Inicialmente este capítulo abordou a caracterização da pesquisa e a definição do objeto de estudo. Logo após foram definidos os métodos utilizados para as medições das variáveis ambientais, verificação das variáveis humanas e análise do conforto térmico. Finalmente, aborda-se o programa e metodologia utilizados para simulação do desempenho térmico da edificação.

#### **3.1 Caracterização da pesquisa**

A pesquisa realizada foi de natureza aplicada, uma vez que avaliou um assunto específico. A abordagem utilizada foi quantitativa, levantando informações sobre o conforto térmico do ambiente através da medição de variáveis ambientais e verificação das variáveis humanas. A análise adotada apresentou um caráter descritivo, exploratório e explicativo.

Os procedimentos utilizados para a elaboração do presente trabalho foram a revisão bibliográfica para fundamentação teórica, levantamento de informações através de medições e observação para o estudo de caso e análise através programas computacionais.

### 3.2 Definição e caracterização do objeto de estudo

O município de Santa Maria está localizado no centro geográfico do Estado do Rio Grande do Sul, latitude de 29,684°S e longitude de 53,807°W, distante aproximadamente 290 Km da capital Porto Alegre. Inserida na região conhecida como depressão central caracteriza-se pela transição dos morros ao norte que compõem a Mata Atlântica e o início do Pampa na região Sul do município. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima é temperado úmido com verão quente, possuindo estações bem definidas e inverno ameno, com chuvas distribuídas em todos os meses ao longo do ano (MORENO, 1961).

Como objeto de estudo deste trabalho foi escolhido o Hospital Universitário de Santa Maria (HUSM), o qual está localizado na Avenida Roraima 1000, prédio 22 do Campus da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Bairro Camobi, Santa Maria – RS. A figura 19 demonstra a localização do campus da UFSM.

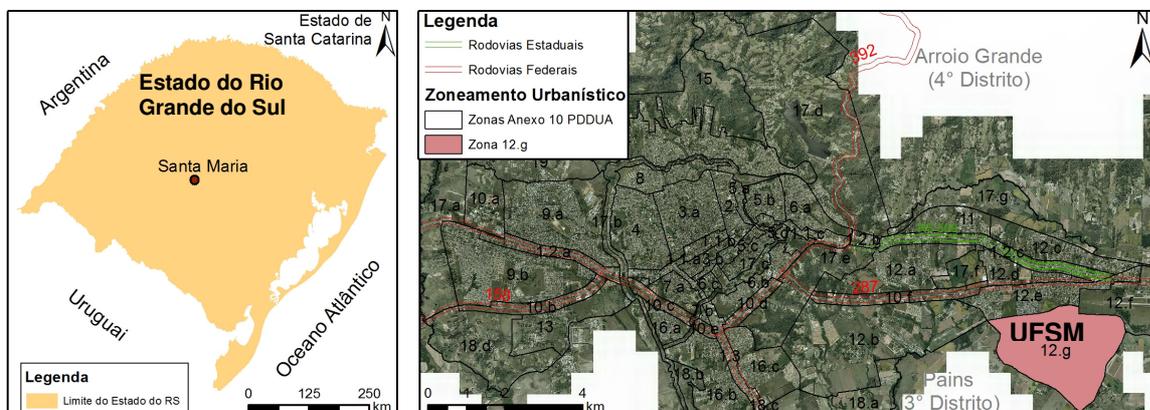


Figura 19 – Localização de Santa Maria e da UFSM.

Fonte: adaptado de IPLAN-SM (2013).

O Hospital Universitário de Santa Maria (HUSM) é parte integrante da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e atua como hospital-escola com atenção à assistência à saúde, ao ensino e à pesquisa, sendo referência para toda a

região central do Estado em diversas especialidades. A figura 20 mostra a localização do hospital dentro do campus da universidade.

O hospital presta atendimento através de 291 leitos de internação, 37 leitos de UTI, 53 salas de ambulatório, 11 salas de atendimento de emergência, 06 salas de cirurgia e 2 salas no centro obstétrico (HUSM, 2013).



Figura 20 – Localização do HUSM no campus da UFSM.

Fonte: adaptado de IPLAN-SM (2013).

A edificação se caracteriza por tipologia de base e volume vertical composto por subsolo, térreo e torre com cinco pavimentos de internação, conforme figura 21.



Figura 21 – HUSM: a) fachada oeste e b) fachada leste.

No subsolo encontram-se localizados o pronto-atendimento, centro cirúrgico e centro obstétrico, assim como as áreas de apoio técnico e logístico. No térreo (primeiro pavimento) localizam-se as áreas de atendimento ambulatorial, apoio ao diagnóstico e terapia e setores administrativos e de apoio ao ensino. No segundo, terceiro e quarto pavimentos encontram-se dispostas as áreas internação de diversas especialidades e setores administrativos. No quinto e sexto pavimentos localizam-se as áreas de internação geral e tratamento intensivo.

O edifício foi construído na década de 1960 em estrutura de concreto armado e vedações em alvenaria. O subsolo e o térreo foram executados em alvenaria de tijolos maciços e os demais possuem fechamento e divisões internas em blocos cerâmicos de 4 furos.

Nesta pesquisa a avaliação foi realizada em pavimento intermediário, ou seja, no quarto pavimento da edificação nos setores de internação da oncologia e de cardíacos. A escolha deste pavimento ocorreu para que não exista influência da cobertura nem da pavimentação externa e da arborização nas variáveis do conforto térmico.

As medições e o levantamento de dados aconteceram em quatro ambientes: dois quartos, com incidência solar leste e um quarto e uma enfermaria<sup>6</sup> com

---

<sup>6</sup> Enfermarias, em estabelecimentos de saúde, são as áreas de internação (quartos) com número de leitos entre três a seis. Os quartos são aqueles onde existem um leito (quarto privativo) ou dois leitos (quarto semi-privativo). Neste trabalho, como nomenclatura, a enfermaria foi definida também como quarto de internação.

incidência solar oeste. Estes quartos foram denominados: quarto leste 1 (QL1), quarto leste 2 (QL2), quarto oeste 1 (QO1) e quarto oeste 2 (QO2). A escolha dos ambientes, apresentados na figura 22, dependeu da inexistência de aparelhos de ar condicionado instalados para que houvesse condições das medições serem realizadas.

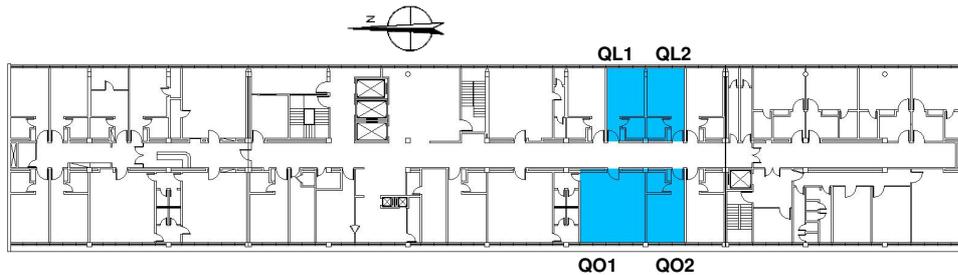


Figura 22 – Planta baixa do quarto pavimento: em destaque quartos onde foram realizadas as medições.

Fonte: Adaptado de Pró-Reitoria de Infraestrutura da UFSM.

Na figura 23 foi demonstrada, em detalhe, a planta baixa dos quartos. O quarto QO1 possui área igual a 37,44 m<sup>2</sup> os demais quartos (QL1, QL2, QO2) apresentam área de 17,94 m<sup>2</sup>.

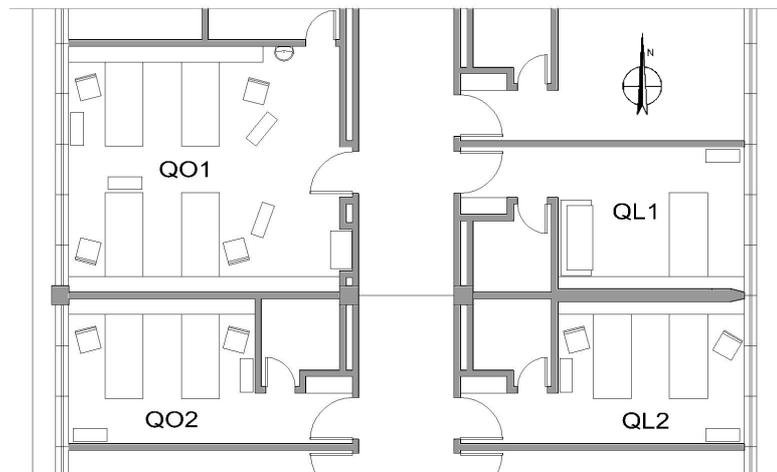


Figura 23 – Planta baixa dos ambientes analisados.

Fonte: adaptado de Pró-Reitoria de Infraestrutura da UFSM.

As principais características construtivas dos ambientes analisados foram resumidas na tabela 3.

Tabela 3 – Características construtivas dos quartos analisados do quarto pavimento e ocupação.

Elemento construtivo	Material / técnica	Observações
Estrutura	Concreto armado: lajes e pilares	
Forro	Laje de concreto armado revestida com reboco	
Entrepiso	Laje dupla de concreto armado: 2 X 10 cm, com camada de ar de 40 cm	
Paredes internas	Alvenaria blocos cerâmicos 4 furos espessura 15 cm revestida com reboco	
Área	QL1, QL2 e QO2 = 17,95 m <sup>2</sup> QO1 = 37,45 m <sup>2</sup>	
Paredes externas	Alvenaria de blocos cerâmicos 6 furos espessura 35 cm, revestida com reboco	Parede dupla sem camada de ar interna, executada com o bloco na posição “deitado”
Esquadrias internas	Porta de madeira semi-oca	
Esquadrias externas	Alumínio tipo guilhotina com vidro translúcido 3 mm e persiana em PVC de enrolar e estrutura em ferro projetável	Área de ventilação de QL1, QL2 e QO2 = 2,6 m <sup>2</sup> (14,48 % da área do piso) Área de ventilação de QO1 = 4,44 m <sup>2</sup> (11,86 % da área do piso)
Revestimento interno	Reboco (paredes e forro)	Faixa em placa vinílicas posicionadas a 1m do piso
Pavimentação	Piso vinílico	
Pintura	Paredes receberam pintura na cor azul claro. Forro recebeu pintura na cor branca	
Proteção solar	Beiral horizontal de 55 cm acima da janela com espessura de 20 cm em laje de concreto armado na fachada oeste. Persianas externas em PVC nas fachadas leste e oeste.	No projeto original existiam brises verticais na fachada oeste, que não foram instalados
Pé-direito	Quartos 3,00 metros	
Iluminação	Lâmpada fluorescente Potência – 40W Base – G13 Dimensão (CxLxA) – 1214 x 32 x 32mm Fluxo Luminoso – 2700 lm I.R.C – 70 Média de Vida – 7500h	QO1 – 8 lâmpadas (4 luminárias) QO2, QL1 e QL2 – 4 lâmpadas (2 luminárias)

As figuras, 24 e 25, mostram os cortes com alturas dos ambientes analisados.

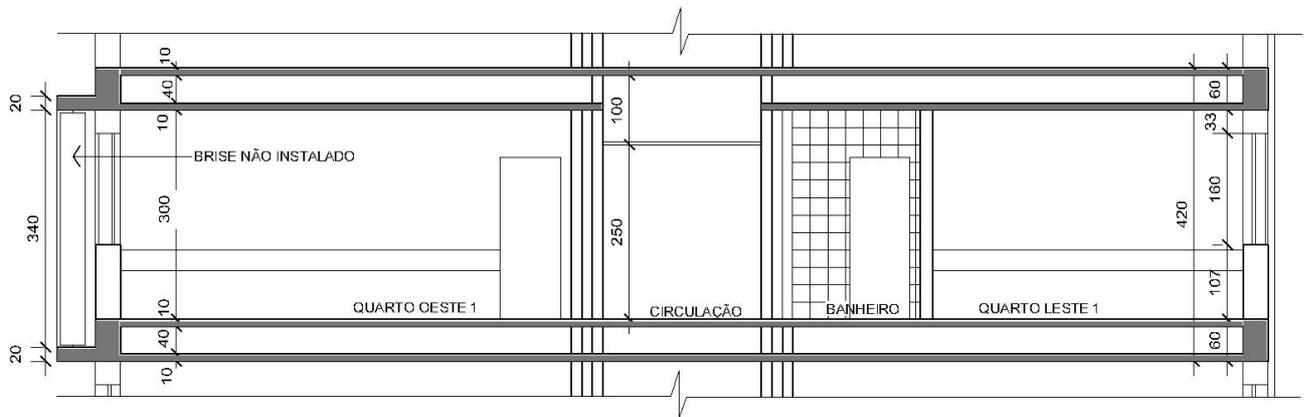


Figura 24 – Corte Transversal dos ambientes analisados.

Fonte: adaptado de Pró-Reitoria de Infraestrutura.

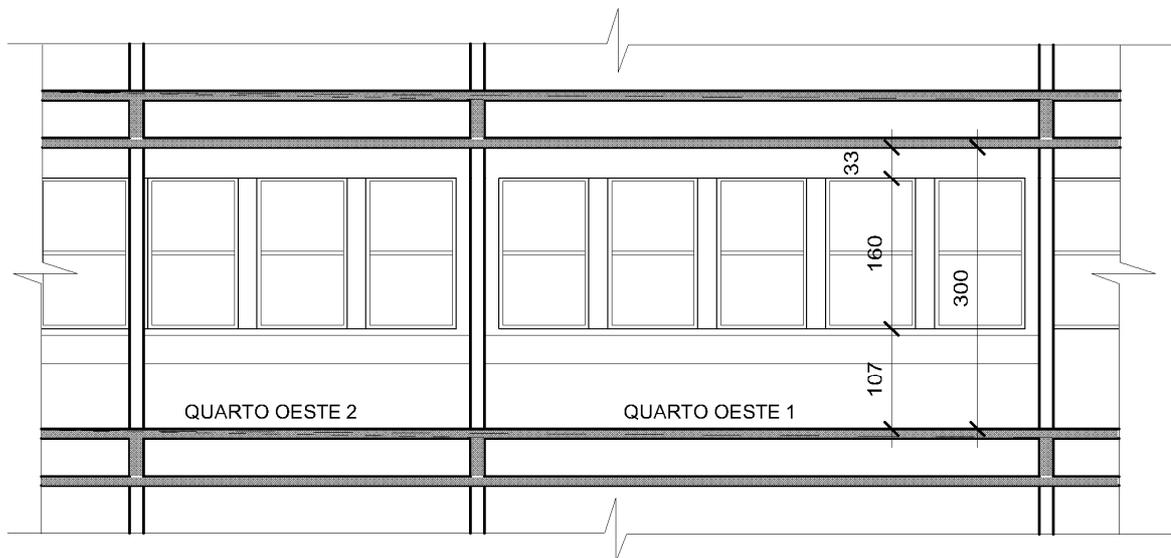


Figura 25 – Corte Longitudinal dos ambientes analisados.

Fonte: adaptado de Pró-Reitoria de Infraestrutura.

### 3.3 Medição das variáveis ambientais

Os diversos conceitos sobre o conforto térmico demonstram que a sensação de conforto está relacionada a fatores psicofísicos e depende do equilíbrio térmico do corpo humano com o ambiente. Assim, definir uma referência para o conforto sugere a análise de diversas variáveis. Conhecer os fatores que influenciam as trocas de calor entre o corpo e o ambiente foram fundamentais para a avaliação das condições de conforto térmico. Assim sendo, as variáveis ambientais medidas para a avaliação do conforto ambiental foram: temperatura do ar ( $T_a$ ), umidade relativa do ar (UR), velocidade do ar ( $V_a$ ) e temperatura média radiante ( $T_{rm}$ ).

A medição das variáveis ambientais aconteceu em dois períodos distintos, verão e inverno, onde geralmente ocorrem as temperaturas máximas e mínimas. As medições de verão foram realizadas entre os dias 06 a 16 de março de 2012, enquanto que os dados da medição de inverno foram obtidos no período de 25 de agosto a 04 de setembro de 2012.

#### 3.3.1 Temperatura e Umidade relativa do ar

A temperatura do ar e a umidade relativa foram medidas através do equipamento registrador (*data loggers*) tipo “*HOBO*”. Os equipamentos foram programados para realizar as medições num período de 11 dias e 44 minutos, durante as 24 horas, registrando as informações a cada 4 minutos. A figura 26 apresenta a foto do aparelho registrador utilizado na pesquisa.



Figura 26 – Aparelho de medição “hobo”: medição externa e interna.

Para o levantamento de dados dos ambientes escolhidos que compõem a área de internação foram definidos três pontos de medição no interior de cada um dos quartos, conforme representado na figura 27, os quais mediram a temperatura e umidade relativa do ar.



Figura 27 – Planta baixa dos quartos com posição dos “hobos”.

A norma ASHRAE 55 (2010) define que a altura de medição das variáveis ambientais deve ocorrer na altura de 60 cm para atividades onde as pessoas estão sentadas e de 110 cm para pessoas em atividade em pé. Considerando que o objetivo deste trabalho é avaliar o conforto térmico na área de internação de hospitais e que os pacientes são os ocupantes permanentes do espaço e o foco principal desta pesquisa, a altura utilizada para o posicionamento dos equipamentos foi definida em função da altura dos leitos de internação, ou seja, 90 cm do piso. Os equipamentos foram fixados na parede e na cabeceira das camas com fita adesiva dupla face de espuma acrílica, conforme demonstrado nas figuras 28 e 29.



Figura 28 – Localização dos *Hobos* pontos 01 e 02.



Figura 29 – Localização dos *Hobos* ponto 03.

Além das áreas internas foram posicionados quatro aparelhos na área externa das fachadas leste e oeste com o objetivo de registrar a temperatura externa e a temperatura interna. Os aparelhos *hobos* foram posicionados a uma altura de 2,20 metros do piso junto à janela, conforme demonstrado na figura 30. Ao equipamento foi conectado um cabo com um sensor na ponta o qual foi posicionado no lado externo. O perfil de alumínio da esquadria foi perfurado com furadeira para possibilitar a passagem do cabo.



### 3.3.2 Velocidade do ar e Temperatura média radiante

A velocidade do ar e a temperatura média radiante foram medidas através do aparelho Analisador Climático Interno (*Indoor Climate Analyzer*) da marca Bruel & Kjaer tipo 1213. O aparelho consiste em um tripé onde foram fixados os sensores ligados a um analisador, sendo que a leitura dos dados foi feita manualmente. As figuras, 32 e 33, mostram o equipamento utilizado.



Figura 32 – Tripé com sensores conectados ao analisador.



Figura 33 – Analisador Climático Interno (Bruel & Kjaer tipo 1213).

As medições ocorreram em horários distintos, nos turnos da manhã, tarde e noite, durante três dias em cada quarto avaliado, coincidindo com os períodos de medição da Ta e UR.

Os horários de medição em cada turno foram adaptados em função da ocupação e atividades realizadas nos quartos de internação, de maneira que não ocorresse interferência nos serviços e medições em função da circulação de pessoas nos ambientes. Pela manhã as medições ocorreram a partir da metade da manhã, após o horário de café da manhã, banho dos pacientes e curativos. À tarde as medições aconteceram no final do horário de visitas ou após este, que é das 14 horas às 16 horas. De noite foram realizadas após o horário do jantar e antes das 22 horas, de modo a não perturbar o sono dos pacientes.

O tripé foi posicionado aproximadamente no centro dos ambientes, entre os leitos, sendo que os sensores foram posicionados a um metro do piso, logo acima da altura dos leitos, de modo a obter a ventilação na altura do paciente. As figuras 34a, 34b, 34c e 35 mostram o posicionamento dos sensores em cada um dos quartos.

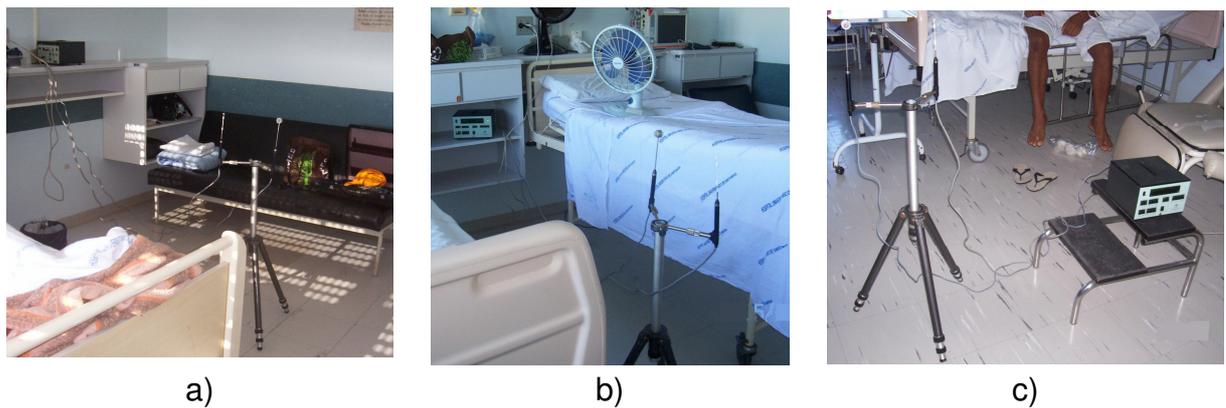


Figura 34 – Posições do tripé de medição: a) no QL1, b) nos QL2 e QO2 e c) no QO1.

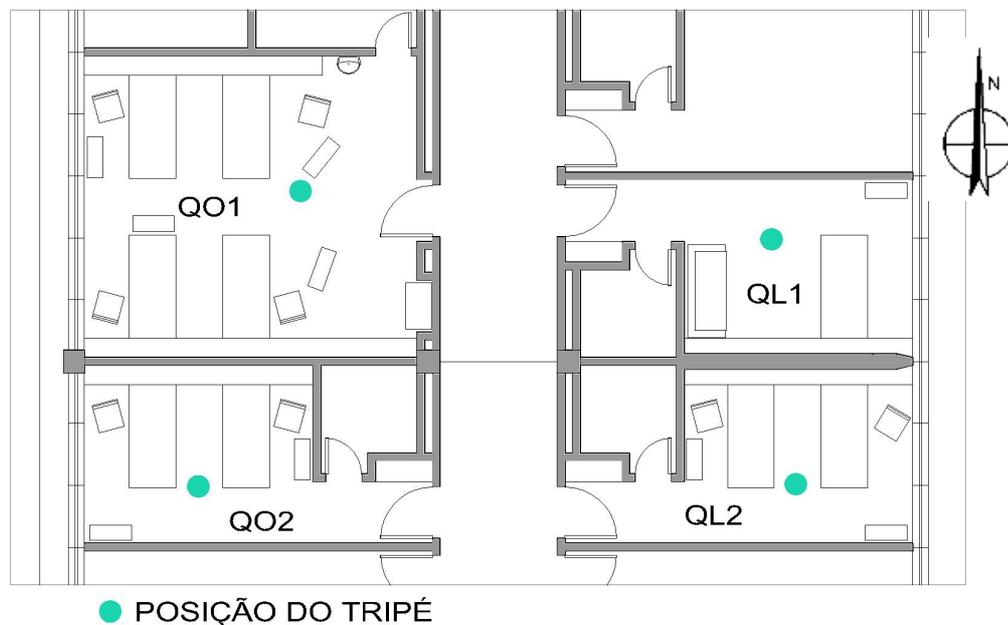


Figura 35 – Planta baixa dos quartos com posição dos sensores.

As medições de verão foram realizadas nas condições normais de uso dos ambientes, ou seja: portas abertas, janelas com vidros e persianas abertos nos horários sem incidência solar e, janelas com vidros abertos e com persianas fechadas projetadas para fora, nos horários com incidência solar.

Durante as medições do período de inverno as condições de uso dos ambientes foram as seguintes: as portas dos quartos estavam abertas, janelas com vidros fechados com uma fresta de 3 cm em um dos vãos e persianas abertas nos horários sem incidência solar. No período noturno e nos horários com incidência solar as persianas dos quartos estavam fechadas e projetadas para fora.

Os dados levantados foram anotados em planilha com intervalo de 1 minuto durante 10 minutos em cada um dos ambientes. Da amostragem registrada foi elaborada a média dos dados obtidos para realização da análise das condições de conforto.

### **3.4 Verificação das variáveis humanas: vestimenta e metabolismo**

As variáveis humanas que têm influência sobre o conforto térmico são a vestimenta e o metabolismo. O levantamento destes dados foi realizado através da observação visual no local do número de ocupantes do ambiente, das atividades realizadas e do tipo de roupas utilizadas, durante o período de levantamento das variáveis ambientais, tanto no verão quanto no inverno.

As verificações aconteceram em três dias distintos coincidindo com a medição da velocidade do ar e temperatura média radiante.

### **3.5 Avaliação das condições de conforto térmico**

Com base nos dados levantados das variáveis ambientais e humanas foi procedido o cálculo do Voto Médio Estimado (VME/PMV) e do Percentual de insatisfeitos (PEI/PPD), utilizando-se o Programa *Analysis* 1.5.

Os dados de vestimenta (clo), atividade ( $W/m^2$ ), temperatura do ar ( $^{\circ}C$ ), velocidade do ar (m/s), temperatura radiante média ( $^{\circ}C$ ) e umidade relativa (%) de cada um dos quartos foram lançados na tela de entrada do programa para as 24 horas do dia escolhido para análise, no inverno e verão, e tabulados para análise.

O lançamento no programa para o período de verão, para a velocidade do ar, foi realizado com a média das medições e com a velocidade máxima encontrada ao longo do período. Também, foram calculados os índices de conforto variando-se a velocidade do ar utilizando-se o valor de 1,0 m/s. Para o período de inverno foi considerado apenas a média das medições realizadas.

O resultado obtido para cada horário foi inserido em tabela para posterior análise dos horários considerados de conforto para os ambientes.

### **3.6 Simulação computacional**

Para a análise do comportamento termo-energético do Hospital Universitário da Universidade Federal de Santa Maria, através de simulação computacional, foi utilizado o programa *DesignBuilder*. Modelou-se a edificação, detalhando criteriosamente os quartos da área de internação, objeto central desse trabalho, os quais já haviam recebido as medições das variáveis ambientais. A modelagem foi baseada no levantamento das características construtivas do edifício e dados climáticos da cidade de Santa Maria/RS. Os ambientes analisados localizam-se no quarto pavimento do HUSM, livre da influência do solo e cobertura, sendo que os andares acima e abaixo são pavimentos de internação tendo comportamento térmico semelhante ao andar considerado.

A análise do desempenho térmico por simulação computacional foi realizada considerando os fluxos térmicos resultantes da simulação, os quais foram importantes para constatação da maneira que ocorrem as principais trocas térmicas, permitindo intervenções pontuais na edificação para melhorias das condições térmicas.

Os dados obtidos na simulação foram utilizados também para a verificação do número de graus-hora de desconforto térmico dos quatro quartos analisados, para

os períodos de verão e inverno, comparando-se as diferentes orientações de fachada e examinando-se a importância da orientação solar.

### 3.6.1 Detalhamento da simulação computacional

Para a realização da simulação computacional pelo software *DesignBuilder* foram inseridos dados como geometria, materiais, padrão de ocupação, iluminação e ventilação do edifício e dados climáticos da cidade.

Segundo Oliveira (2010), uma vez criado o modelo, é possível alterá-lo no nível global ou específico, no nível edifício, bloco e zona. Também se pode controlar o nível de detalhe de cada modelo, o que faz do referido aplicativo uma ferramenta bastante útil.

Para a modelagem e simulação dos quartos analisados os ambientes foram definidos como adiabáticos em relação ao piso e ao forro. No desenho, considerou-se a edificação com apenas três pavimentos, ou seja, o pavimento analisado e o imediatamente inferior e superior, a fim de permitir a simulação no software, conforme se observa na figura 36.

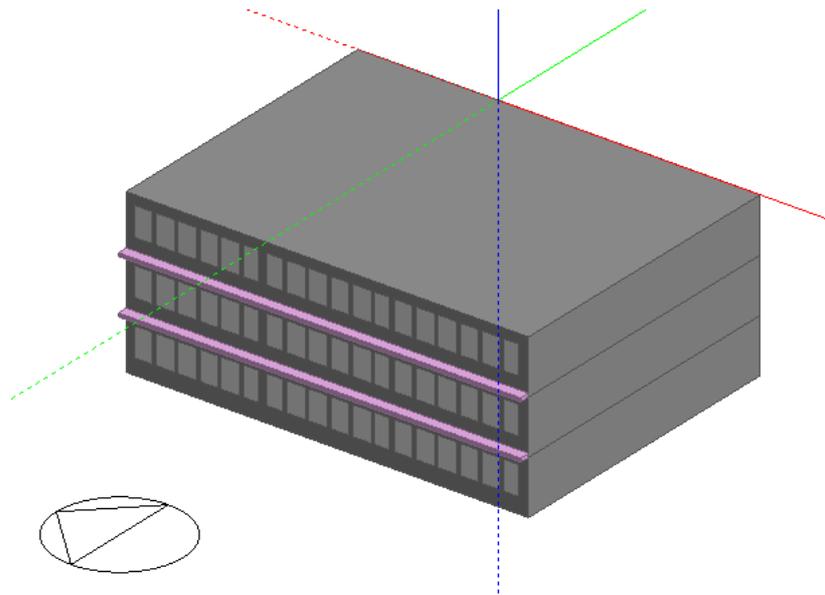


Figura 36 – Modelagem do HUSM no software *DesignBuilder*.

Fonte: Programa *DesignBuilder*.

Também foram inseridos os dados referentes à atividade metabólica levantada dos ocupantes e o índice de resistência das vestimentas calculado, de acordo com o abordado no capítulo 4.

Aos parâmetros atribuídos ao modelo do hospital, além de materiais, estrutura e dimensionamento, apresentados anteriormente, somam-se os padrões de comportamento do edifício e dos ocupantes (*schedules*), apresentados a seguir.

#### 3.6.1.1 Arquivo climático

A simulação computacional pelo software *DesignBuilder*, utilizou dados da localização (Tabela 4) e do arquivo climático de Santa Maria – RS.

Tabela 4 – Dados de localização geográfica para Santa Maria

<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Zona Horária</b>	<b>Altitude</b>
-29,70	-53.70	-3 (GMT)	114 m

O arquivo climático contém dados horários desenvolvidos pelo *Solar and Wind Energy Resource Assessment*, obtidos em um projeto conjunto do INPE com o LABSOLAR da UFSC, financiado pelo Programa Ambiental das Nações Unidas, o qual disponibilizou arquivos climáticos TMY para 20 cidades brasileiras.

#### 3.6.1.2 Padrão de ocupação

Para o cálculo do padrão de ocupação dos quartos hospitalares analisados, considerou-se um paciente e um acompanhante por leito. A *Schedule* do padrão de ocupação foi considerada de 100% em todos os horários, pois os pacientes sempre estavam na presença de um acompanhante ou enfermeiros, médicos ou outros funcionários do hospital.

### 3.6.1.3 Padrão de iluminação

A *Schedule* dos quartos do hospital, para fins de iluminação, corresponde ao que foi observado no local. Os horários de uso intenso (100%) de iluminação são os períodos das 7 às 9 horas e das 17 às 22 horas no inverno e, das 7 às 9 horas e das 19 às 22 horas no verão.

A iluminação dos ambientes é feita por lâmpadas fluorescentes T10, com duas lâmpadas por luminária. Para iluminância dos quartos foram utilizados 200 lux, baseados na ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 (2013) e a densidade de potência de iluminação de 4,95 W/m<sup>2</sup> gerada pelo programa.

### 3.6.1.4 Ventilação natural

O método de simulação, para os quartos do hospital universitário, considerou como característica específica a edificação ventilada naturalmente com controle automático por temperatura, ou seja, as janelas abriam-se, simultaneamente, quando a temperatura do ar no interior do hospital estivesse acima do *setpoint* de refrigeração e também fosse maior que a temperatura do ar exterior. Além disso, o horário de funcionamento foi habilitado para utilização da ventilação natural.

Os quartos não possuem qualquer sistema de climatização artificial, portanto, o principal controle de conforto é através da ventilação natural e proteção solar, através da abertura e fechamento das esquadrias. As aberturas foram modeladas e receberam a configuração de *schedules* de acordo com a situação observada no local.

As *schedules* das esquadrias, no período de verão, foram configuradas para que as esquadrias tivessem abertura de 40% no período noturno (das 21 às 7 horas), enquanto que no horário diurno (de 7 às 21 horas) o percentual de abertura observado foi de 100%. No período de inverno, a abertura é de 5%, para realização de ventilação higiênica, das 9 às 18 horas.

A temperatura de *setpoint* foi definida em 23 °C, a partir dos valores de PMV igual a zero calculados no programa *Analysis 1.5*, considerando a velocidade do ar

igual a zero, o isolamento da vestimenta de 1,03 clo, o metabolismo de 60 W/m<sup>2</sup> e a UR de 50%.

#### 3.6.1.5 Operação das persianas

Os dispositivos de sombreamento, persianas de PVC externas, foram considerados conforme sua operação no hospital para a configuração no *software*.

Nos quartos de orientação leste, no período considerado para o verão, de outubro a março, mantiveram-se as persianas abertas das 7 às 12 horas com percentual de 50% de abertura e das 12 às 20 horas com 100% de abertura. No inverno, período considerado de abril a setembro, a orientação leste condiciona as persianas totalmente abertas das 7 às 20 horas.

Já nos quartos de orientação oeste, durante o verão, mantiveram-se as persianas abertas das 7 às 13 horas com 100% de abertura e das 13 às 20 horas em 50%. No inverno, as venezianas permaneceram abertas das 7 às 20 horas.



## 4 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os dados obtidos através do monitoramento de temperatura, umidade relativa, velocidade do ar e temperatura média radiante, nos períodos de inverno e verão nos quatro quartos escolhidos para estudo. São ainda listadas as informações sobre o metabolismo e as condições de vestuário dos indivíduos para a análise posterior do conforto térmico.

### 4.1 Período de verão

Os dados das variáveis ambientais e humanas dos quartos de internação apresentadas nesse item referem-se ao monitoramento realizado no verão, no período de 10 a 16 de março de 2012.

#### 4.1.1 Temperatura do ar ( $T_a$ )

A figura 38 apresenta as variações das temperaturas durante o período de medição no interior de cada um dos quartos e no exterior da edificação. Os dados completos das medições de temperaturas e umidade são apresentados no Apêndice A.

Na figura 37 ficou destacado o período de 10 a 12 de março, o qual foi utilizado para a análise dos resultados, por serem os dias com temperaturas mais elevadas do período de medição, pois a partir do dia 13 se observa a entrada de uma frente fria típica da região estudada.

Observando-se os dados se verifica que a temperatura máxima exterior foi de 36,21 °C e ocorreu no dia 12 às 17 horas, enquanto que a temperatura mínima de 18,05 °C aconteceu às 6 horas do dia 16. A figura 37 demonstra uma amplitude

térmica externa de 18,16 °C no período, sendo que a maior amplitude em um único dia foi de 13,41 °C registrada no dia 12.

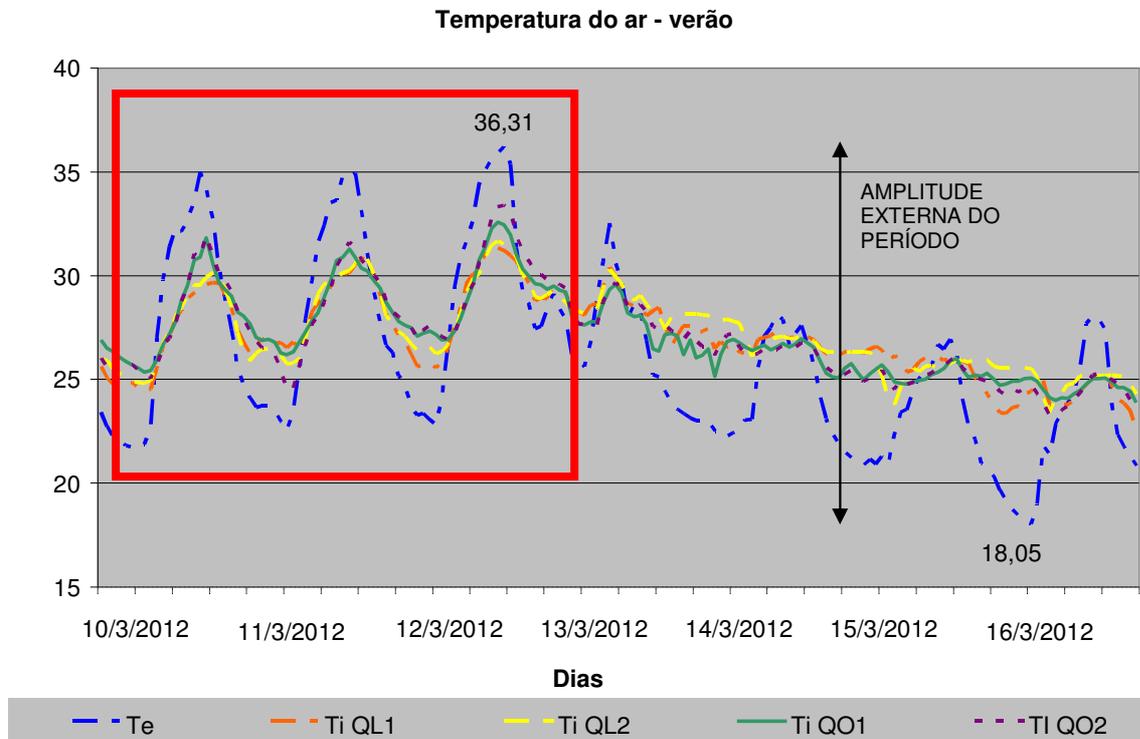


Figura 37 – Variação das temperaturas externa e internas no período de verão.

No interior da edificação a temperatura máxima registrada foi de 33,39 °C, no quarto oeste 2 às 17 horas do dia 12, coincidindo com o dia e horário da maior temperatura externa. A menor temperatura interna foi de 23,41 °C e ocorreu no dia 16 às 9 horas no quarto leste 2.

Observou-se que a partir do dia 14, quando houve a entrada de uma frente fria, ocorreu uma queda das temperaturas. As temperaturas externas apresentaram maior amplitude, enquanto que as temperaturas internas mantiveram-se estáveis próximas às temperaturas máximas externas, apresentando uma redução gradual em todos os ambientes, mas reduzindo mais lentamente que as externas devido a grande inércia térmica da edificação.

#### 4.1.2 Umidade relativa do ar (UR)

Os resultados obtidos para a umidade relativa do ar (UR), no interior de cada um dos quartos, estão evidenciados na figura 38.

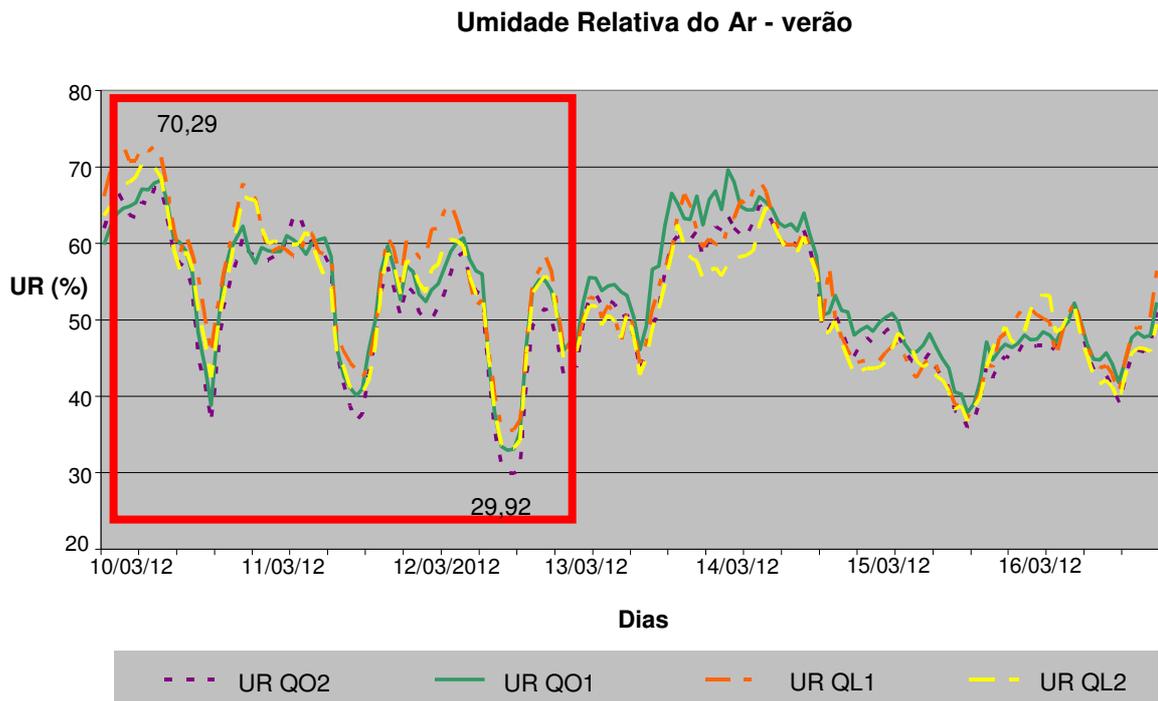


Figura 38 – Variação da umidade relativa do ar no período de verão.

A umidade relativa do ar teve uma variação aproximada entre 30% e 70%, conforme se pôde verificar na figura acima. O valor máximo de umidade foi de 70,20% no quarto leste 1, enquanto que o valor mínimo foi de 29,92% no quarto oeste 2.

A variação da umidade ocorreu de forma semelhante em todos os quartos onde foi efetuado o registro, sendo função direta da temperatura no ambiente. Na figura 38 foi realçado o período de 10 a 12 de março, que foi utilizado para a análise dos resultados.

#### 4.1.3 Temperatura radiante média (Trm)

A temperatura radiante média foi medida em cinco dias distintos nos períodos da manhã, tarde e noite. Os resultados obtidos estão demonstrados na tabela 5 comparando com os dados de temperaturas internas nos mesmos horários, sendo apresentados aqueles referentes aos três dias a serem considerados na análise de conforto posteriormente.

Tabela 5 – Temperatura Radiante Média para o período de verão.

Ambiente	Data	Hora	Trm (°C)	Ta (°C)
QL1	10/03	8h35	25,96	25,55
		15h20	29,98	29,18
	11/03	10h05	29,40	28,22
		17h00	32,11	30,51
		20h05	29,51	29,93
	12/03	20h00	31,02	30,17
QL2	10/03	9h40	27,76	26,70
		15h30	30,63	29,55
	11/03	10h25	29,92	28,25
		17h15	31,67	30,55
		20h25	29,36	30,06
	12/03	20h20	30,02	30,04
QO1	10/03	8h55	26,70	25,70
		16h20	32,30	30,87
	11/03	11h00	29,92	28,20
		17h40	31,24	30,36
		21h00	29,52	29,40
	12/03	21h00	30,23	29,96
QO2	10/03	9h20	27,04	25,70
		15h50	32,07	30,88
	11/03	10h40	29,92	28,05
		18h00	31,46	30,77
		20h40	29,95	29,59
	12/03	20h40	30,45	30,68

Observando-se os dados expostos na tabela 5 percebe-se que a temperatura radiante média tem valores muito semelhantes aos da temperatura do ar interna. Considerando a dificuldade de realizar medições durante as 24 horas do dia para a temperatura radiante, visto que o registro dos dados no equipamento de medição foi

manual, os ambientes avaliados encontravam-se ocupados e o posicionamento necessário para o equipamento causava transtorno no atendimento aos pacientes, optou-se por utilizar a  $T_{rm}$  igual à  $T_a$  para a análise do conforto térmico, visto que as normas ISO 7730 (2005) e ASHRAE 55 (2010) permitem este procedimento.

#### 4.1.4 Velocidade do ar ( $V_a$ )

A velocidade do ar foi medida em cinco dias distintos nos períodos da manhã, tarde e noite, concomitante com a temperatura radiante média. Os valores registrados na tabela 6 são dos três dias a serem considerados na análise de conforto posteriormente.

Tabela 6 – Velocidade do ar para o período de verão.

Ambiente	Data	Hora	$V_a$ (m/s)
QL1	10/03	8h35	0,33
		15h20	0,14
	11/03	10h05	0,25
		17h00	0,44
		20h05	0,29
	12/03	20h00	0,07
	Média*		
QL2	10/03	9h40	0,28
		15h30	0,23
	11/03	10h25	0,15
		17h15	0,12
		20h25	0,20
	12/03	20h20	0,17
	Média*		
QO1	10/03	8h55	0,32
		16h20	0,21
	11/03	11h00	0,15
		17h40	0,24
		21h00	0,27
	12/03	21h00	0,16
	Média*		

Continua.

Ambiente	Data	Hora	Va (m/s)	
QO2	10/03	9h20	0,28	
		15h50	0,15	
	11/03	10h40	0,16	
		18h00	0,17	
		20h40	0,21	
	12/03	20h40	0,32	
			Média*	0,22
	<b>Média dos ambientes</b>			<b>0,22</b>

Observando-se a tabela 6 se verifica que a ventilação natural nos ambientes é bastante variável. A velocidade máxima registrada foi de 0,44 m/s no quarto leste 1, enquanto a mínima de 0,07 m/s ocorreu no quarto leste 1.

Para as medições de velocidade do ar, do mesmo modo que para a Trm, existiu dificuldade para a realização das medições, devido às características de ocupação dos ambientes e equipamentos, portanto optou-se por realizar a média dos valores medidos. Considerando que a partir do dia 14 houve uma mudança no clima com queda nas temperaturas os valores de ventilação obtidos nos dias 15 e 16 foram desconsiderados para o cálculo das médias. A média obtida foi utilizada para a análise do conforto térmico de todos ambientes nas 24 horas do dia.

#### 4.1.5 Variáveis humanas

Para o levantamento das variáveis humanas observou-se a vestimenta e a atividade física dos pacientes internados. Quanto à atividade física, os pacientes encontram-se na maior parte do tempo deitados e por alguns períodos sentados, portanto foi utilizado o valor de 1,0 met para o metabolismo, ou seja, taxa metabólica (TM) de 60 W/m<sup>2</sup> para o período diurno (7 horas às 22 horas) e 0,7 met para o período noturno (22 às 7 horas) equivalendo a TM de 40 W/m<sup>2</sup>, de acordo com o definido na ASHRAE 55 (2010).

No verão a resistência térmica das vestimentas dos pacientes sofreu variação no período diurno e noturno. As roupas utilizadas eram leves: cueca e camisola hospitalar no período diurno, mais lençol de algodão (espessura de 1 mm) no

período noturno. Considerando-se que os pacientes passam a maior parte do tempo deitados no leito ou sentados em poltronas, além das vestimentas foi considerada a resistência térmica do corpo em contato com o leito ou poltrona.

Para o período diurno adotou-se um índice de resistência térmica total (isolamento) da vestimenta ( $I_{cl}$ ) no valor de 1,03 clo, equivalendo às resistências térmicas parciais ( $I_{clu}$ ): cueca = 0,04 clo, mais camisola hospitalar curta de algodão = 0,31 clo, mais 50% do corpo em contato com a cama = 0,5732 clo.

Já para o período noturno adotou-se um índice de resistência térmica total (isolamento) da vestimenta ( $I_{cl}$ ) no valor de 1,36 clo, correspondendo às resistências térmicas parciais ( $I_{clu}$ ): cueca = 0,04 clo, mais camisola hospitalar curta de algodão = 0,31 clo, mais 67% do corpo coberto com lençol de algodão (espessura 1,00 mm) = 0,39 clo, mais 50% do corpo em contato com a cama = 0,5732 clo.

Os valores de resistência térmica especificados acima foram retirados da ASHRAE 55 (2010) com exceção do lençol, o qual não consta na tabela, sendo calculado utilizando-se as equações 2 e 3. Além disso, foi considerada a superfície de contato do corpo com a cama de acordo com a equação 4.

## 4.2 Período de inverno

Para o período de inverno são apresentados os resultados do monitoramento dos quartos de internação para levantamento das variáveis ambientais e humanas no período de 24 a 30 de agosto de 2012.

### 4.2.1 Temperatura do ar ( $T_a$ )

A figura 39 apresenta as variações das temperaturas medidas no período no interior de cada um dos quartos e no exterior da edificação no período de inverno. Nela ficou ressaltado o período de 25 a 27 de agosto, o qual foi utilizado para a análise dos resultados. Observando-se os dados se verificou que a temperatura máxima exterior foi de 26,51 °C e ocorreu no dia 30 de agosto às 11 horas, enquanto

que a temperatura mínima foi de 8,74 °C, a qual aconteceu às 11 horas do dia 25. A figura 39 mostra uma amplitude térmica externa no período de 17,77 °C, sendo que a maior amplitude em um único dia foi de 14,38 °C registrada no dia 29.

No interior da edificação as variações de temperaturas são bem menos acentuadas, sendo que a temperatura máxima registrada foi de 25,25 °C, no quarto leste 2, às 00 horas do dia 24, no início das medições, pois em seguida entrou uma frente fria que baixou as temperaturas. A menor temperatura interna foi de 17,48 °C e ocorreu no dia 25 às 8 horas no quarto leste 1.

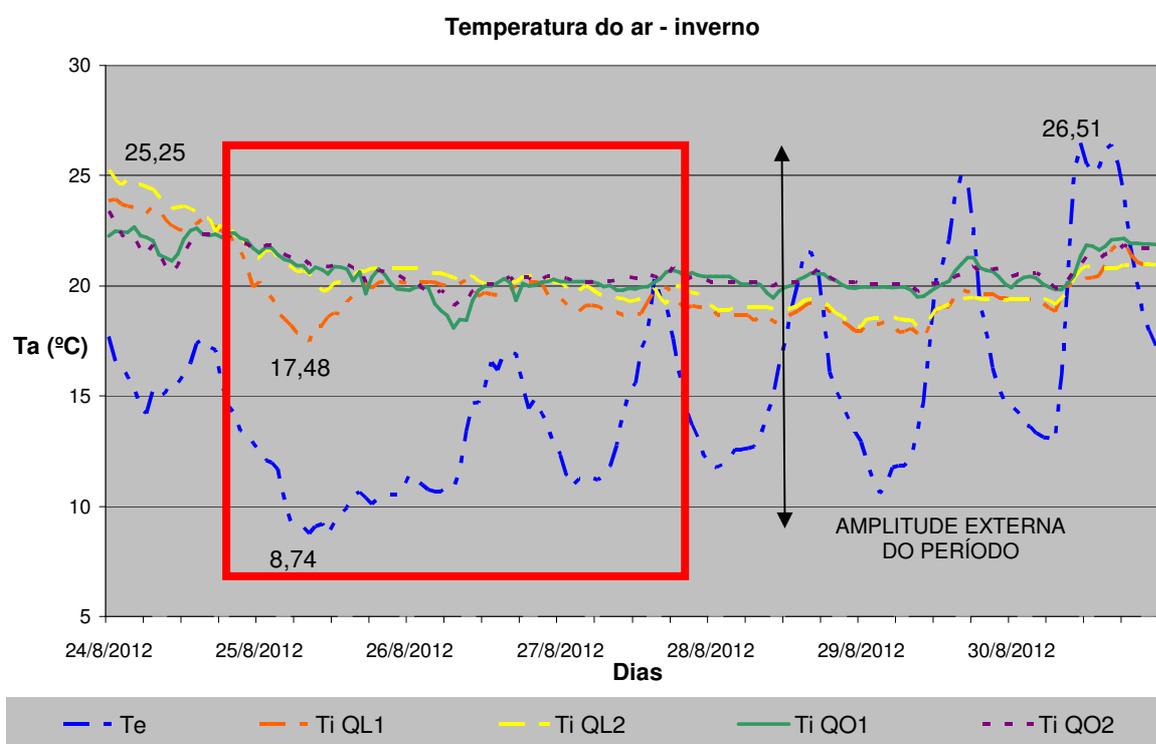


Figura 39 – Variação da temperatura externa e interna no período de inverno.

Notou-se que as temperaturas externas apresentaram uma grande amplitude, enquanto que as temperaturas internas não apresentaram grande variação com um valor de amplitude no período de medição de 7,77 °C, sendo que num único dia a amplitude máxima interna registrada foi de 3,93 °C que ocorreu no QL2 no dia 24, o que indica uma grande inércia térmica do edifício.

#### 4.2.2 Umidade relativa do ar (UR)

Na figura 40 foram demonstrados os resultados obtidos para a umidade relativa do ar (UR), no interior de cada um dos quartos.

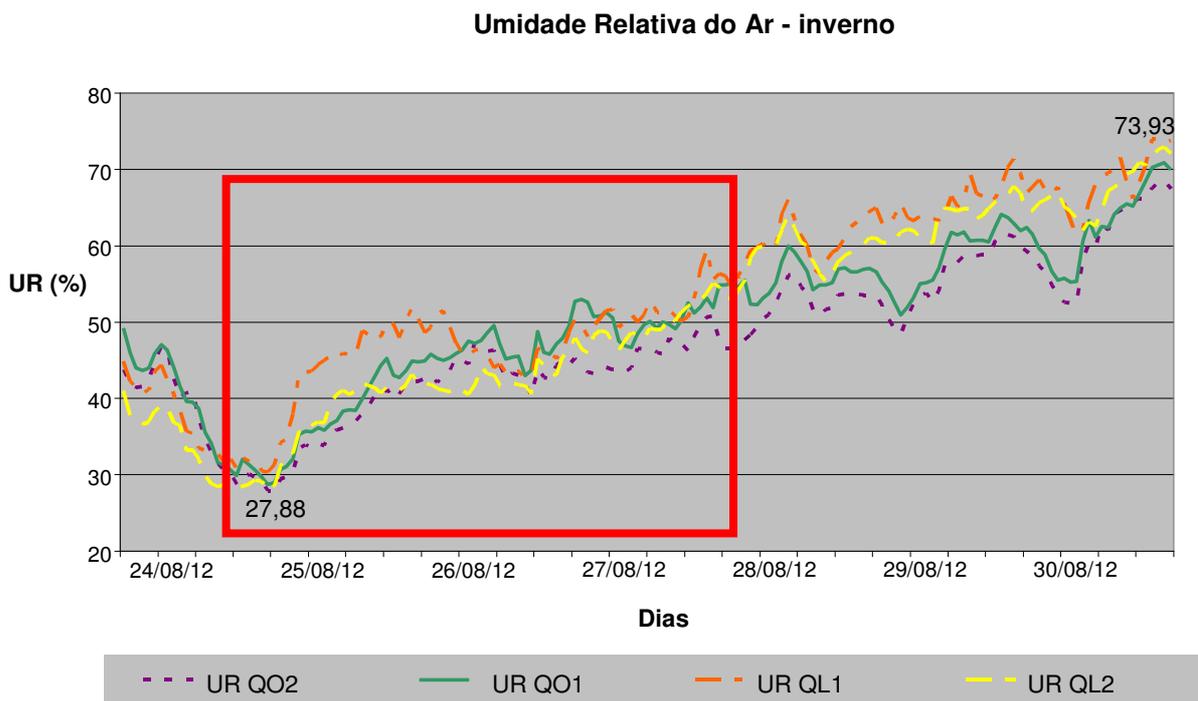


Figura 40 – Variação da umidade relativa do ar no período de inverno.

Conforme se pôde verificar na figura 40, a variação da umidade relativa do ar ficou aproximadamente entre 28% e 75%. O valor máximo de umidade foi de 73,93% no quarto leste 1, enquanto o valor mínimo obtido foi de 27,88% no quarto oeste 2.

Do mesmo modo que nas medições do período de verão a variação da umidade ocorreu de forma semelhante em todos os quartos onde foi efetuado o registro. Na figura 40 foi realçado o período de 25 a 27 de agosto, que foi utilizado para a análise dos resultados.

#### 4.2.3 Temperatura radiante média (Trm)

A temperatura radiante média foi medida no dia 25 de agosto em três períodos distintos: manhã, tarde e noite. Os resultados obtidos estão demonstrados na tabela 7, comparativamente às temperaturas internas do ar.

Tabela 7 – Temperatura radiante média para o período de inverno.

Ambiente	Data	Hora	Trm (°C)	Ta (°C)
QL1	25/08	9h10	18,59	18,20
		16h15	19,22	19,96
		20h05	19,55	20,19
QL2	25/08	9h25	18,29	20,26
		16h35	21,12	20,64
		20h20	20,82	20,82
QO1	25/08	9h40	21,17	20,74
		16h50	20,20	19,65
		20h35	21,00	20,14
QO2	25/08	9h55	21,38	20,95
		17h05	21,34	20,15
		20h55	21,03	20,57

Considerando-se que a temperatura radiante média aproxima-se da temperatura do ar e a dificuldade de realizarem-se medições durante as 24 horas do dia, no inverno foi definido por utilizar-se a Trm igual à temperatura do ar para a análise do conforto térmico, da mesma forma que no período de verão.

#### 4.2.4 Velocidade do ar (Va)

A velocidade do ar foi medida no dia 25 de agosto em três períodos distintos: manhã, tarde e noite, concomitante com a temperatura média radiante. Os valores registrados estão expostos na tabela 8.

Através da observação da tabela 8 se verificou que a ventilação natural nos ambientes apresenta baixa intensidade. A velocidade máxima registrada foi de 0,32 m/s, enquanto a mínima foi de 0,04 m/s.

Considerando que as janelas dos quartos no período de inverno ficam com os vidros grande parte do tempo fechados, e a inexistência de sistema para ventilação higiênica, optou-se por realizar a medição em um único dia. A média obtida foi utilizada para a análise do conforto térmico de todos dos ambientes nas 24 horas do dia.

Tabela 8 – Velocidade do ar para o período de inverno.

Ambiente	Data	Hora	Va (m/s)
QL1	25/08	9h10	0,13
		16h15	0,10
		20h05	0,07
		Média	0,10
QL2	25/08	9h25	0,32
		16h35	0,08
		20h20	0,06
		Média	0,15
QO1	25/08	9h40	0,12
		16h50	0,05
		20h35	0,04
		Média	0,07
QO2	25/08	9h55	0,08
		17h05	0,07
		20h55	0,05
		Média	0,07
<b>Média dos ambientes</b>			<b>0,10</b>

#### 4.2.5 Variáveis humanas

Para o levantamento das variáveis humanas observou-se a vestimenta e a atividade física dos pacientes internados. Quanto à atividade física dos pacientes não houve variação em relação ao período de verão, portanto foram adotados os mesmos valores: 1,0 met para o metabolismo, ou seja, taxa metabólica (TM) de 60

$W/m^2$  para o período diurno (7 horas às 22 horas) e 0,7 met para o período noturno (22 às 7 horas) equivalendo a TM de  $40 W/m^2$ .

No inverno, a resistência térmica das vestimentas dos pacientes sofreu variação no período diurno e noturno. As roupas utilizadas eram: cueca e camisola hospitalar, mais lençol de algodão (espessura de 1,00 mm) e cobertor (espessura 8,00 mm). A variação na vestimenta no período diurno e noturno consistiu no percentual de área do corpo coberta. O cálculo da resistência térmica final das vestimentas foi realizado da mesma forma adotada para o período de verão.

Para o período diurno adotou-se um índice de resistência térmica total (isolamento) da vestimenta ( $I_{cl}$ ) no valor de 2,04 clo, equivalendo às resistências térmicas parciais ( $I_{clu}$ ): cueca = 0,04 clo, mais camisola hospitalar curta de algodão = 0,31 clo, mais 67% do corpo coberto com lençol de algodão (espessura 1,00 mm) = 0,39 clo, mais 67% do corpo coberto com cobertor (espessura 8,00 mm) = 1,02 clo, mais 50% do corpo em contato com a cama = 0,5732 clo.

Já para o período noturno adotou-se um índice de resistência térmica total (isolamento) da vestimenta ( $I_{cl}$ ) no valor de 2,72 clo, correspondendo às resistências térmicas parciais ( $I_{clu}$ ): cueca = 0,04 clo, mais camisola hospitalar curta de algodão = 0,31 clo, mais 94% do corpo coberto com lençol de algodão (espessura 1,00 mm) = 0,57 clo, mais 94% do corpo coberto com cobertor (espessura 8,00 mm) = 1,46 clo, mais 50% do corpo em contato com a cama 0,5732 clo.

## 5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo está dedicado para a apresentação da análise dos diversos dados obtidos nos levantamentos e simulações realizados, de modo a verificar o conforto térmico e o desempenho térmico da edificação estudada.

Primeiramente foi analisado o conforto térmico da edificação, através dos dados obtidos com o cálculo do PMV e PPD para diferentes velocidades do ar e orientações solares através do programa *Analysys 1.5*, e os graus-horas de desconforto obtidos através das simulações do programa *DesignBuilder*.

Em seguida, analisou-se o desempenho térmico da edificação, de acordo com o método simplificado da NBR 15.575 (2013), através da análise das propriedades térmicas dos fechamentos verticais opacos.

Finalmente, realizou-se a verificação do desempenho térmico através do cálculo do amortecimento térmico, por meio das temperaturas levantadas e a seguir foram avaliados os fluxos térmicos, a partir da análise dos dados obtidos pela simulação através do programa *DesignBuilder*.

### 5.1 Conforto térmico

A avaliação do conforto térmico foi realizada através dos resultados alcançados do PMV e PPD, obtidos considerando-se as variáveis humanas e ambientais do levantamento. De maneira geral tanto a ASHRAE 55 (2010) quanto a ISO 7730 (2005) definem como limite de conforto quando o PPD é de até 10%, entretanto a ISO 7730 (2005) permite estabelecer diferentes categorias de conforto térmico para os ambientes classificando-os em: nível A ( $PPD < 6\%$ ;  $-0,2 < PMV < +0,2$ ), nível B ( $PPD < 10\%$ ,  $-0,5 < PMV < +0,5$ ) e nível C ( $PPD < 15\%$ ;  $-0,7 < PMV < +0,7$ ).

Foram ainda analisadas as condições de conforto através dos resultados dos graus horas para aquecimento e resfriamento gerados pelo programa de simulação computacional, pois embora esse procedimento sirva mais para avaliar

comportamento termo-energético da edificação, pode ser um parâmetro de comparação de conforto entre ambientes, uma vez que considera o tempo em que os mesmos ficam em desconforto e ainda a diferença entre a temperatura do ambiente e a temperatura considerada de conforto.

### 5.1.1 Análise através do PMV e do PPD

Para a análise do PMV e do PPD foi escolhido um dia dentro de cada período de inverno e verão medidos e diferentes velocidades do ar. Os valores obtidos através do programa *Analysys 1.5* foram tabulados para cada um dos quartos levantados, ainda foi realizada a média das temperaturas e umidade relativa do ar entre os quatro quartos a fim de obter-se um resultado de PMV e PPD para a edificação, cujos resultados encontram-se detalhados no Apêndice B.

Para o cálculo do conforto térmico no período de verão foi escolhido o dia 12/3/2012, visto que neste dia foi registrada a maior temperatura externa do período de medição, enquanto que para o período de inverno foi considerado o dia 25/8/2012, o qual registrou a menor temperatura externa do período de inverno medido.

A figura 41 apresenta a média dos quatro quartos dos valores obtidos de PMV para o dia considerado de inverno e verão, em relação às horas do dia. De acordo com a ASHRAE 55 (2010), a neutralidade térmica corresponde a um PMV igual a zero, enquanto que os limites de conforto correspondem a 0,5 e -0,5 pra o calor e frio, respectivamente. No entanto, a ISO 7730 (2005) admite valores de PMV entre 0,7 e -07 para classificação C do ambiente térmico.

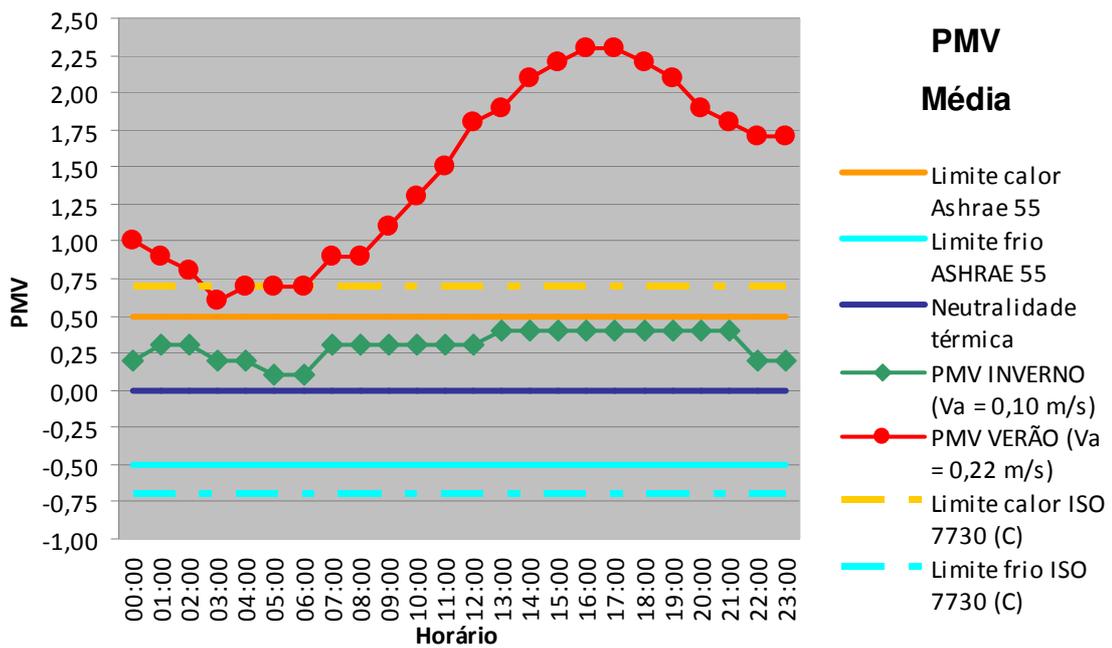


Figura 41 – Valores médios de PMV e limites de conforto

Analisando a figura 41 constata-se que, para a média de  $V_a$  levantadas nos ambientes, a área de internação da edificação apresenta condições de conforto térmico no inverno e desconforto no verão para os dias analisados.

A figura 42 apresenta os valores de PMV obtidos para os ambientes QL2 e QO2, os quais apresentam a mesma área e ocupação, porém orientação solar diferenciada (leste e oeste). Avaliando-se a figura 42 observa-se que o comportamento quanto ao PMV no inverno é muito semelhante nas duas orientações, entretanto para o período de verão há um aumento nos valores do voto médio estimado no quarto com orientação oeste a partir das 14 horas, justamente quando acontece a maior incidência solar sobre a fachada.

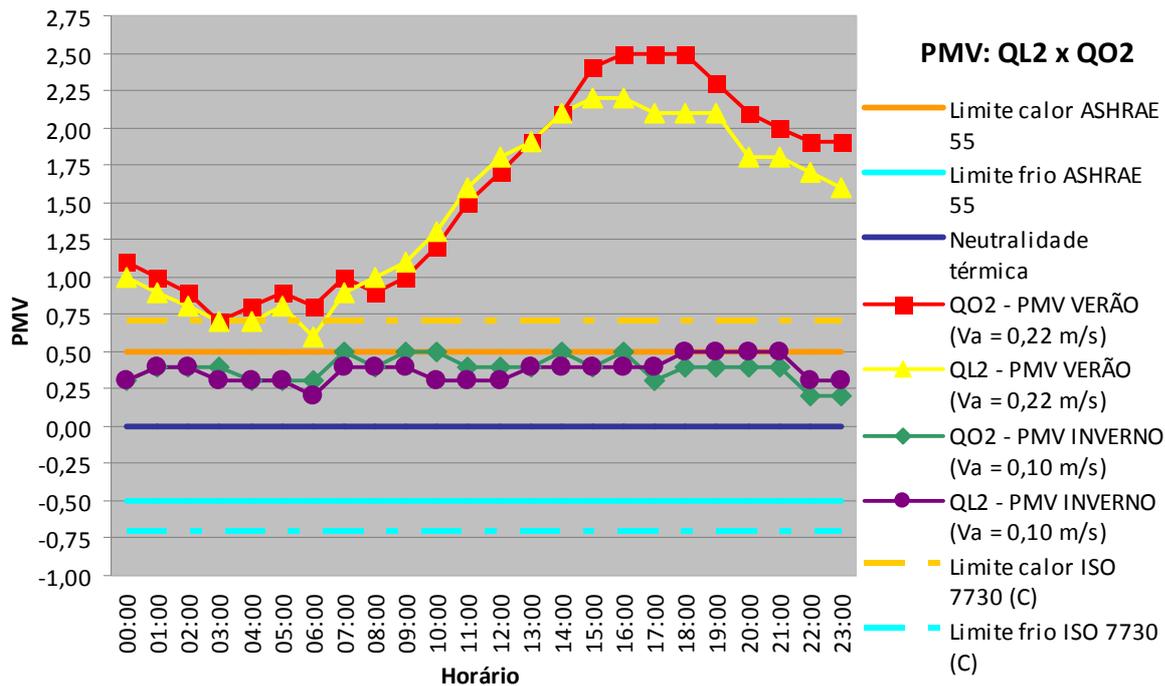


Figura 42 – Valores de PMV para QL2 e QO2 e limites de conforto

Para uma melhor avaliação, o voto médio estimado da escala de conforto deve ser correlacionado com o percentual de pessoas insatisfeitas, visto que mesmo na condição de neutralidade existem 5% de pessoas insatisfeitas. A análise do PPD foi realizada para cada quarto, considerando separadamente as horas do dia de verão e de inverno, conforme observado nos itens a seguir.

#### 5.1.1.1 Período de verão – PPD

Através da análise da curva de PPD para o dia de verão, representada na figura 43, pode-se verificar que os quartos de internação possuem comportamento semelhante quanto ao conforto térmico, sendo que os maiores índices de desconforto foram encontrados nos quartos de orientação oeste no horário entre 16 e 18 horas. Os quartos com orientação oeste mostraram valores acima de 10% de insatisfeitos durante as 24 horas do dia, consistindo em ambientes desconfortáveis. Nos horários da madrugada quando não há incidência solar e as temperaturas

externas são menores os ambientes se aproximam ao limite de conforto definido pela ASHRAE 55 (2010).

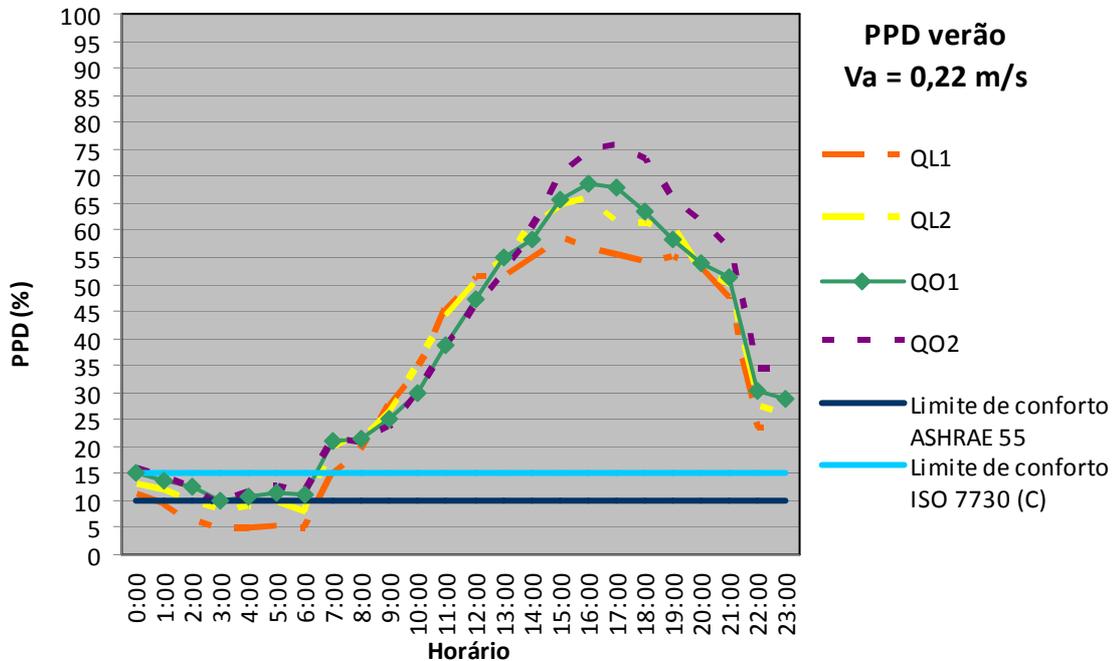


Figura 43 – Percentual de insatisfeitos no verão para Va de 0,22 m/s

Assim como os ambientes com orientação oeste, os quartos voltados para leste apresentam valores elevados de desconforto com pico no horário da tarde, apesar de receberem insolação pela manhã, demonstrando que a edificação aquece ao longo do dia com a elevação das temperaturas externas. No entanto estes ambientes podem ser considerados confortáveis no período da madrugada, destacando-se o QL1 que possui a menor ocupação.

No entanto, se considerada a classificação C proposta pela ISO 7730 (2005), a qual admite um percentual de insatisfeitos de até 15%, todos os ambientes, independente da orientação solar, podem ser considerados confortáveis durante a madrugada (1 às 6 horas).

Portanto, os ambientes são desconfortáveis para a maior parte do dia no período de verão, sendo que a orientação solar e a relação entre o número de

ocupantes e a área do ambiente são os fatores que influenciam e diferenciam os resultados de PPD.

Com o objetivo de verificar a influência da ventilação no conforto térmico foi realizado o cálculo do PPD também para a velocidade do ar de 0,44 m/s e 1,00 m/s, considerando os quartos leste 2 e oeste 2, representados nas figuras 44 e 45. Estes quartos foram escolhidos por apresentarem a mesma área e ocupação possibilitando também a comparação entre as diferentes orientações solares.

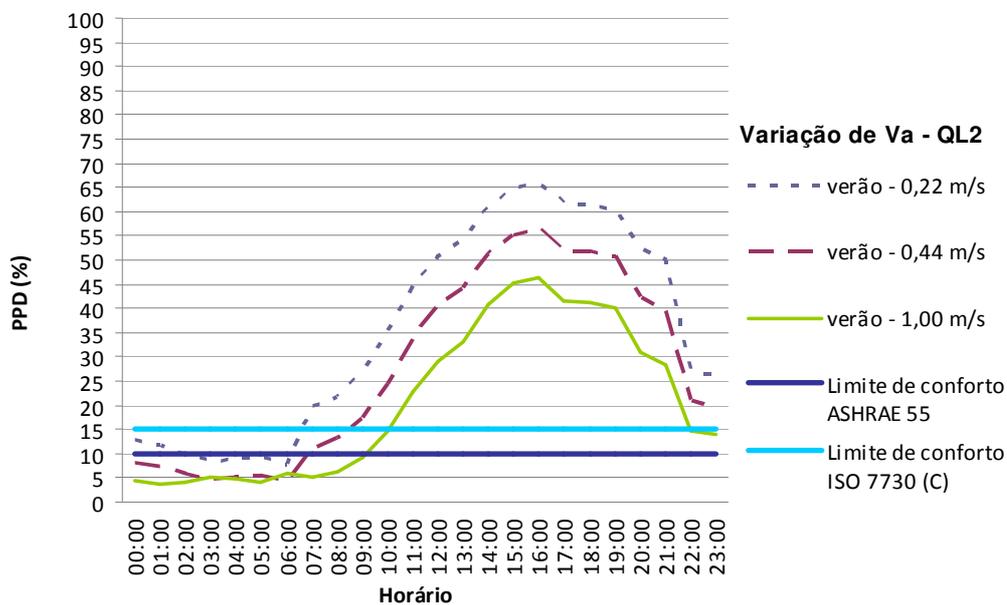


Figura 44 – Valores de PPD no QL2 para diferentes velocidades do ar

Na figura 44, que representa um ambiente com orientação solar leste, observa-se que há uma redução no percentual de insatisfeitos com o aumento da velocidade do ar, ampliando em 3 horas o conforto do ambiente quando considerado o limite de 10% para o percentual de insatisfeitos e em 4 horas se considerado o limite de 15% estabelecido na classificação C de conforto da ISO 7730 (2005). Outro aspecto a ser observado é que o QL2, considerado o limite de 15% para o percentual de insatisfeitos, é termicamente confortável das 22 horas às 10 horas da manhã. Assim sendo, ressalta-se que para este dia analisado são necessárias 12 horas de resfriamento do ambiente.

Do mesmo modo quando analisado o quarto que possui orientação solar oeste (Figura 45), verifica-se que o aumento da velocidade do ar reduz o percentual de insatisfeitos ampliando em 7 horas o horário de conforto térmico considerado o limite de 10% de insatisfeitos. Entretanto, se considerado o limite de 15% da ISO 7730 (2005), o período de conforto é alcançado entre às 0 horas e às 11 horas da manhã, ou seja, 13 horas de desconforto, para as quais é necessário o resfriamento do ambiente.

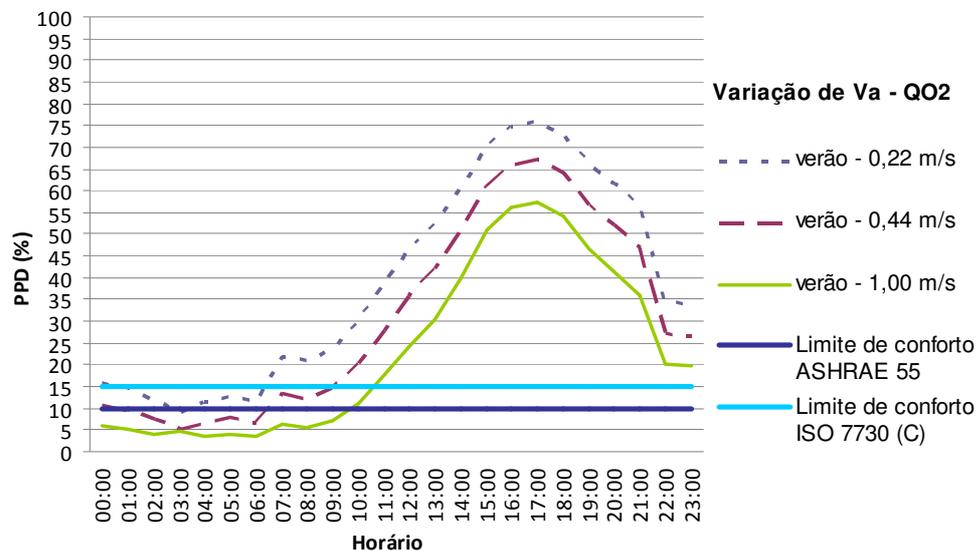


Figura 45 – Valores de PPD no QO2 para diferentes velocidades do ar

Quando comparados os percentuais de insatisfeitos representados nas figuras 44 e 45, verifica-se que o percentual de insatisfeitos no quarto oeste é aproximadamente 10% maior que no quarto leste, independente da velocidade do ar. Entretanto, os horários onde se alcança o conforto térmico é bastante semelhante, sendo que na orientação oeste é necessária apenas uma hora a mais de resfriamento, quando considerada Va de 1 m/s e aceitação de 15% de insatisfeitos.

Ainda, é importante destacar a influência da incidência solar, visto que no quarto leste o percentual de insatisfeitos ultrapassa o limite estabelecido uma hora antes que no quarto oeste, ou seja, no horário onde há incidência solar direta no

lado leste, porém nos ambientes com orientação oeste, no período noturno, o percentual de insatisfeitos ultrapassa os limites de conforto durante 2 horas a mais que no lado leste.

As tabelas 9 e 10 apresentam os valores calculados para cada velocidade do ar no QL2 e QO2.

Tabela 9 – Percentual de insatisfeitos em função da variação da velocidade do ar no QL2.

Hora	Ta (°C)	Trm (°C)	UR (%)	TM (W/m <sup>2</sup> )	I <sub>cl</sub> (clo)	Va (m/s)	PPD (%)	Va (m/s)	PPD (%)	Va (m/s)	PPD (%)
00:00	27,28	27,28	63,70	40,00	1,36	0,22	12,90	0,44	8,20	1,00	4,40
01:00	27,09	27,09	64,83	40,00	1,36	0,22	11,80	0,44	7,40	1,00	3,80
02:00	26,71	26,71	66,98	40,00	1,36	0,22	9,80	0,44	5,80	1,00	4,00
03:00	26,40	26,40	67,79	40,00	1,36	0,22	8,30	0,44	4,80	1,00	5,20
04:00	26,52	26,52	67,93	40,00	1,36	0,22	8,80	0,44	5,10	1,00	4,70
05:00	26,57	26,57	68,66	40,00	1,36	0,22	9,50	0,44	5,60	1,00	4,20
06:00	26,24	26,24	70,20	40,00	1,36	0,22	7,70	0,44	4,30	1,00	5,90
07:00	26,36	26,36	69,46	60,00	1,03	0,22	19,90	0,44	11,00	1,00	5,20
08:00	26,64	26,64	69,87	60,00	1,03	0,22	21,70	0,44	13,10	1,00	6,20
09:00	27,22	27,22	68,50	60,00	1,03	0,22	26,70	0,44	17,30	1,00	9,10
10:00	28,14	28,14	64,78	60,00	1,03	0,22	34,80	0,44	24,10	1,00	14,60
11:00	29,18	29,18	59,30	60,00	1,03	0,22	44,40	0,44	33,80	1,00	22,70
12:00	29,86	29,86	56,61	60,00	1,03	0,22	50,80	0,44	40,70	1,00	29,20
13:00	30,10	30,10	58,96	60,00	1,03	0,22	54,20	0,44	44,20	1,00	33,10
14:00	30,81	30,81	56,73	60,00	1,03	0,22	60,80	0,44	51,20	1,00	40,70
15:00	31,44	31,44	51,14	60,00	1,03	0,22	64,60	0,44	55,30	1,00	45,10
16:00	31,67	31,67	47,02	60,00	1,03	0,22	65,80	0,44	56,70	1,00	46,50
17:00	31,51	31,51	42,50	60,00	1,03	0,22	61,60	0,44	52,00	1,00	41,40
18:00	31,23	31,23	48,79	60,00	1,03	0,22	61,30	0,44	51,80	1,00	41,20
19:00	30,92	30,92	53,18	60,00	1,03	0,22	60,20	0,44	50,70	1,00	40,00
20:00	30,04	30,04	57,46	60,00	1,03	0,22	52,30	0,44	42,30	1,00	31,00
21:00	29,62	29,62	61,83	60,00	1,03	0,22	50,00	0,44	39,60	1,00	28,30
22:00	28,98	28,98	66,17	40,00	1,36	0,22	27,20	0,44	21,00	1,00	14,80
23:00	28,90	28,90	65,87	40,00	1,36	0,22	26,20	0,44	20,00	1,00	13,90

Tabela 10 – Percentual de insatisfeitos em função da variação da velocidade do ar no QO2.

Hora	Ta (°C)	Trm (°C)	UR (%)	TM (W/m <sup>2</sup> )	I <sub>cl</sub> (clo)	Va (m/s)	PPD (%)	Va (m/s)	PPD (%)	Va (m/s)	PPD (%)
00:00	27,99	27,99	54,56	40,00	1,36	0,22	16,00	0,44	10,70	1,00	6,10
01:00	27,78	27,78	53,70	40,00	1,36	0,22	14,50	0,44	9,40	1,00	5,10
02:00	27,47	27,47	51,00	40,00	1,36	0,22	12,00	0,44	7,40	1,00	3,80
03:00	26,96	26,96	50,21	40,00	1,36	0,22	9,20	0,44	5,20	1,00	4,80
04:00	27,38	27,38	50,18	40,00	1,36	0,22	11,30	0,44	6,90	1,00	3,50
05:00	27,58	27,58	51,56	40,00	1,36	0,22	12,70	0,44	8,00	1,00	4,10
06:00	27,27	27,27	53,49	40,00	1,36	0,22	11,30	0,44	6,80	1,00	3,50
07:00	27,06	27,06	56,22	60,00	1,03	0,22	21,90	0,44	13,30	1,00	6,20
08:00	26,89	26,89	58,10	60,00	1,03	0,22	20,80	0,44	12,40	1,00	5,70
09:00	27,24	27,24	58,86	60,00	1,03	0,22	23,50	0,44	14,60	1,00	7,20
10:00	27,98	27,98	55,44	60,00	1,03	0,22	29,90	0,44	20,00	1,00	11,10
11:00	28,87	28,87	53,68	60,00	1,03	0,22	38,80	0,44	27,80	1,00	17,70
12:00	29,58	29,58	53,40	60,00	1,03	0,22	46,10	0,44	35,60	1,00	24,30
13:00	30,62	30,62	42,57	60,00	1,03	0,22	52,10	0,44	41,90	1,00	30,40
14:00	31,68	31,68	35,60	60,00	1,03	0,22	60,50	0,44	50,90	1,00	40,10
15:00	32,78	32,78	31,01	60,00	1,03	0,22	70,00	0,44	60,90	1,00	50,80
16:00	33,33	33,33	29,96	60,00	1,03	0,22	74,70	0,44	66,00	1,00	56,30
17:00	33,39	33,39	29,92	60,00	1,03	0,22	75,70	0,44	67,00	1,00	57,40
18:00	33,09	33,09	30,72	60,00	1,03	0,22	72,90	0,44	64,00	1,00	54,20
19:00	31,90	31,90	42,81	60,00	1,03	0,22	65,90	0,44	56,70	1,00	46,50
20:00	31,16	31,16	49,22	60,00	1,03	0,22	61,50	0,44	52,00	1,00	41,50
21:00	30,68	30,68	50,57	60,00	1,03	0,22	56,70	0,44	47,00	1,00	36,00
22:00	30,08	30,08	51,56	40,00	1,36	0,22	34,50	0,44	27,10	1,00	20,10
23:00	30,05	30,05	50,05	40,00	1,36	0,22	34,00	0,44	26,60	1,00	19,60

Finalmente, constata-se que a velocidade do ar influencia expressivamente nos índices de conforto térmico e pode ser usada como recurso para adequação térmica dos ambientes quentes, porém para as condições encontradas na área de internação do HUSM o uso da ventilação é insuficiente para garantir um ambiente termicamente confortável durante as 24 horas, uma vez que as temperaturas externas e internas ultrapassam os 28 °C durante grande parte do dia. Todavia, para o período noturno e parte da manhã, quando a temperatura está abaixo ou próxima

aos 28 °C, o aumento da velocidade do ar foi eficiente, garantindo um ambiente confortável.

Deste modo destaca-se que, para as condições humanas e ambientais levantadas, o uso da ventilação como estratégia para conforto é adequado, entretanto não é suficiente para garantir conforto térmico nas 24 horas do dia.

### 5.1.1.2 Período de inverno – PPD

Para o período de inverno o cálculo do conforto térmico foi considerado o dia 25/8/2012. O PPD foi calculado para cada um dos quartos considerando-se apenas a velocidade média do ar encontrada no período analisado, ou seja 0,10 m/s, visto que durante o inverno a ventilação deve ter apenas função de troca de ar para higienização dos ambientes.

Na figura 46 verifica-se que, assim como no período de verão, os quartos apresentaram comportamento semelhante quanto aos índices de conforto térmico no período de inverno, bem como os quartos com orientação solar oeste, mostrou maior percentual de insatisfeitos.

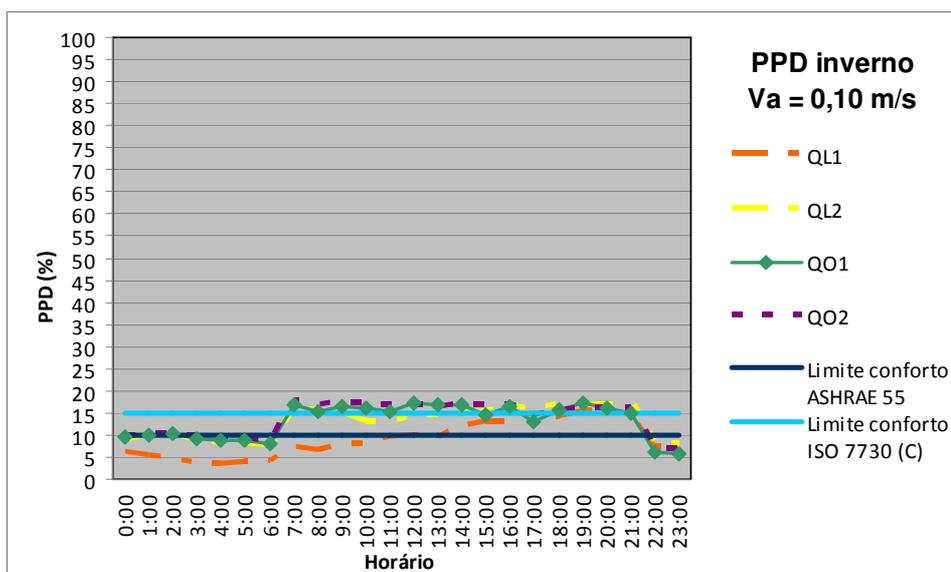


Figura 46 – Percentual de insatisfeitos no inverno

O gráfico do percentual de insatisfeitos mostra que aconteceu alteração no percentual de insatisfeitos entre às 6 e 7 horas e às 21 e 22 horas. Os horários onde ocorreu esta alteração correspondem aos horários de aumento da taxa metabólica e redução do isolamento das roupas, ou seja, os horários adotados de acordar e dormir no cálculo do PPD.

Na tabela 11 estão apresentados os valores utilizados e os resultados do cálculo para o PPD considerando a média de valores do pavimento.

Tabela 11 – Percentual de insatisfeitos no pavimento.

Hora	Ta (°C)	Trm (°C)	UR (%)	TM (W/m <sup>2</sup> )	I <sub>cl</sub> (clo)	Va (m/s)	PPD (%)
00:00	21,15	21,15	29,06	40,00	2,72	0,10	8,60
01:00	21,23	21,23	31,12	40,00	2,72	0,10	8,70
02:00	21,15	21,15	31,80	40,00	2,72	0,10	8,70
03:00	20,78	20,78	33,04	40,00	2,72	0,10	7,70
04:00	20,53	20,53	36,58	40,00	2,72	0,10	7,10
05:00	20,38	20,38	37,07	40,00	2,72	0,10	6,90
06:00	20,16	20,16	36,92	40,00	2,72	0,10	6,40
07:00	20,17	20,17	37,54	60,00	2,04	0,10	14,10
08:00	19,90	19,90	37,45	60,00	2,04	0,10	13,10
09:00	20,08	20,08	38,89	60,00	2,04	0,10	13,90
10:00	19,91	19,91	39,33	60,00	2,04	0,10	13,30
11:00	19,95	19,95	40,09	60,00	2,04	0,10	13,70
12:00	20,18	20,18	40,09	60,00	2,04	0,10	14,40
13:00	20,15	20,15	40,29	60,00	2,04	0,10	14,40
14:00	20,33	20,33	41,98	60,00	2,04	0,10	15,00
15:00	20,26	20,26	42,38	60,00	2,04	0,10	15,00
16:00	20,52	20,52	42,81	60,00	2,04	0,10	16,00
17:00	20,13	20,13	43,10	60,00	2,04	0,10	14,40
18:00	20,37	20,37	44,33	60,00	2,04	0,10	15,70
19:00	20,61	20,61	43,41	60,00	2,04	0,10	16,40
20:00	20,54	20,54	42,96	60,00	2,04	0,10	16,00
21:00	20,42	20,42	44,11	60,00	2,04	0,10	15,70
22:00	20,34	20,34	45,47	40,00	2,72	0,10	7,00
23:00	20,29	20,29	44,75	40,00	2,72	0,10	7,00

Ressalta-se que os valores adotados para o metabolismo e isolamento das roupas foram resultado da observação no local, sendo que o  $I_{cl}$  pode ser alterado pelos indivíduos através do percentual de corpo coberto e uso de cobertas mais finas. Assim sendo, apesar dos resultados apresentarem percentual de pessoas insatisfeitas por calor (Figura 46) acima dos limites de conforto estabelecidos pela ASHRAE 55 (2010) e ISO 7730 (2005), os ambientes avaliados podem ser considerados confortáveis para o período de inverno, visto que é possível a adaptação.

### 5.1.2 Análise através de graus hora de desconforto

Para essa análise considerou-se os resultados de graus-hora de desconforto térmico ao longo do ano extraídos da simulação computacional realizada através do software *DesignBuilder*.

Tabela 12 – Graus-hora de desconforto térmico

	GHR	GHA
QL1	4.457	0
QL2	5.333	0
MÉDIA LESTE	4.895	0
QO1	9.577	0
QO2	7.278	0
MÉDIA OESTE	8.427,5	0
MÉDIA PAVIMENTO	6.661	0

Segundo os dados da tabela 12, observou-se que, durante o período de inverno, a satisfação dos usuários é plena, pois são desnecessárias horas de aquecimento. Entretanto o mesmo não foi observado no verão, visto que os resultados apresentaram-se com elevados valores de graus-hora para resfriamento, principalmente nos quartos orientados a oeste.

A orientação solar das fachadas é um ponto importante na análise do conforto térmico das edificações, uma vez que cada face da edificação recebe calor do sol desigualmente. Como se pôde observar na tabela 12, as horas necessárias de resfriamento dos quartos com insolação oeste são expressivamente maiores do que nos quartos situados no lado do nascente.

No caso de edificações verticais isoladas, como o HUSM, a orientação solar ganha importância para as condições de conforto térmico, uma vez que as trocas térmicas da edificação dão-se principalmente pela superfície das fachadas. Outro aspecto a considerar é que, apesar da existência de proteção solar, devido à fachada dos dormitórios possuir aproximadamente 2/3 de área de janelas, há influência direta da orientação solar no número de graus-hora de desconforto.

Sendo assim, estes resultados ratificam o observado na análise do percentual de insatisfeitos com relação à orientação solar e ao comportamento adequado da edificação quanto ao conforto térmico no inverno e sua inadequação para o verão.

No trabalho de Oliveira (2012), não foi observada essa diferença expressiva de acordo com a orientação solar, possivelmente devido à grande influência da cobertura e dos fechamentos opacos verticais nos ganhos de carga térmica em edificações térreas objeto do trabalho desse autor, as quais possuem pequena área de fechamentos transparentes ao contrário da edificação hospitalar estudada neste trabalho.

## **5.2 Desempenho térmico**

A análise do desempenho térmico foi realizada considerando os procedimentos estabelecidos na NBR 15.575 (2013) através do método simplificado, avaliando-se as características técnicas dos fechamentos verticais e do método de medições, onde foram analisadas as temperaturas medidas incluindo o amortecimento térmico. Ainda, foi realizada análise através de resultados de simulação computacional de onde também foram retirados dados para análise dos fluxos térmicos.

A análise do desempenho visou verificar se a edificação analisada é adequada às condições climáticas locais. Edificações que apresentam bom

desempenho térmico garantem ambientes com melhor qualidade e conforto térmico com maior economia de energia.

### 5.2.1 Análise através do procedimento simplificado da NBR 15.575

Para análise do desempenho dos fechamentos verticais opacos foi utilizado o procedimento simplificado da NBR 15.575 (2013) onde se verificou o atendimento dos requisitos e critérios de transmitância e capacidade térmica. Para a zona climática 2 o desempenho mínimo definido é de que as paredes externas apresentem transmitância térmica menor ou igual a  $2,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  ( $U \leq 2,5$ ) e capacidade térmica maior ou igual a  $130 \text{ kJ/m}^2\cdot\text{K}$  ( $CT \geq 130$ ).

As paredes externas do hospital possuem espessura de 35 cm compostas por parede dupla de tijolos 6 furos assentados na maior dimensão. De acordo com a NBR 15220 (2005) o valor de transmitância térmica desse fechamento é de  $1,21 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  e a capacidade térmica dessas paredes é de  $312 \text{ kJ/m}^2\cdot\text{K}$ . Assim sendo, verifica-se que de acordo com a análise simplificada dos fechamentos verticais opacos a edificação atende os critérios mínimos de desempenho térmico.

Quanto às aberturas para ventilação, estas devem apresentar dimensões adequadas para proporcionar a ventilação interna dos ambientes, requisito que deve ser aplicado aos ambientes de permanência prolongada (NBR 15.575-4, 2013), como é o caso das áreas de internação de um hospital. Além de atender os códigos de obra e sanitários locais, para a zona bioclimática 2 a área efetiva de ventilação deve ser maior ou igual a 7% da área do piso, entretanto devem ser passíveis de vedação no período frio.

Tabela 13 – Áreas de ventilação e piso dos quartos de internação

AMBIENTE	ÁREA PISO	ÁREA VENTILAÇÃO		
		EXISTENTE	NBR 15.575-4	COE
QL1, QL2, QO2	17,94 m <sup>2</sup>	2,6 m <sup>2</sup>	1,26 m <sup>2</sup>	1,50 m <sup>2</sup>
QO1	37,44 m <sup>2</sup>	4,44 m <sup>2</sup>	2,62 m <sup>2</sup>	3,12 m <sup>2</sup>

O código de edificações (COE) do município estabelece como área mínima de ventilação para ambientes de permanência prolongada a proporção de 1/12 da área do piso (Santa Maria, 2009). A tabela 13 mostrou comparação das áreas de piso e ventilação para os quartos do hospital e os valores estabelecidos na legislação e normas.

As janelas do quartos do HUSM são do tipo guilhotina e apresentam área de ventilação de 14,48 % da área do piso nos QL1, QL2 e QO2 e de 11,86 % no QO1, permitindo o fechamento nos períodos frios. Com base nos dados da tabela 13 é possível concluir que as aberturas de ventilação também atendem os critérios mínimos de desempenho definidos na NBR 15.575 (2013).

### 5.2.2 Análise do amortecimento térmico através das medições

Uma das principais funções das edificações é proteger o homem das intempéries e variações climáticas garantindo-lhe abrigo, daí a importância de avaliar o amortecimento. O amortecimento é a diferença entre as amplitudes de variação de temperatura do ar interior e exterior expressa em percentual. O cálculo foi realizado através da seguinte equação:

$$\mu = 1 - (\Delta T_i / \Delta T_e) \quad (5)$$

onde:

$\mu$  é o coeficiente de amortecimento,

$\Delta T_i$  é a amplitude da temperatura do ar interna e

$\Delta T_e$  é a amplitude da temperatura do ar externa.

A tabela 14 apresenta os dados de temperatura, amplitude térmica e amortecimento, obtidos através das medições, para cada um dos quartos e a média do pavimento, no período de verão, estando destacado o dia onde ocorreu a maior temperatura externa do período medido.

Tabela 14 – Temperaturas máximas, mínimas e amortecimento – verão.

Ambiente	Data	Ta mínima (°C)	Ta máxima (°C)	Amplitude (°C)	Diferença entre $T_{e\ max}$ e $T_{i\ max}$ (°C)	Amortec. Diário (%)	Amortec. Médio (%)
QL1	10/03	24,41	29,68	5,27	5,33	60,26	59,74
	11/03	26,26	30,86	4,6	4,06	62,87	
	12/03	25,56	31,45	5,89	4,76	56,08	
QL2	10/03	24,82	30,12	5,30	4,89	60,03	58,73
	11/03	25,75	31,12	5,37	3,80	56,66	
	12/03	26,24	31,67	5,43	4,54	59,51	
QO1	10/03	25,36	31,83	6,47	3,18	51,21	55,92
	11/03	26,18	31,29	5,11	3,63	58,76	
	12/03	26,92	32,58	5,66	3,63	57,79	
QO2	10/03	25,05	31,96	6,91	3,05	47,89	47,45
	11/03	24,53	31,60	7,07	3,32	42,94	
	12/03	26,89	33,39	6,50	2,82	51,53	
Média do pavimento	10/03	24,91	30,90	5,99	4,11	54,85	55,46 (total)
	11/03	25,68	31,22	5,54	3,70	55,31	
	12/03	26,40	32,27	5,87	3,94	56,23	
Externa	10/03	21,75	35,01	13,26	-	-	-
	11/03	22,53	34,92	12,39	-	-	
	12/03	22,81	36,21	13,41	-	-	

Através das medições no local, observou-se que para o período do verão a temperatura máxima externa é 2,82 °C maior do que a temperatura interna máxima, no quarto em situação mais desfavorável (QO2), ou seja, quarto com orientação oeste e maior ocupação. Outro aspecto observado é que a amplitude da temperatura externa é muito maior do que a amplitude interna, demonstrando que a edificação apresenta uma boa inércia térmica.

A tabela 15 apresenta o resumo dos valores de temperaturas e de amortecimento térmico obtidos para cada um dos quartos medidos e a média do pavimento, no período de inverno, destacando-se o dia onde ocorreu a menor temperatura externa do período medido.

Tabela 15 – Temperaturas máximas e mínimas e amortecimento - inverno.

Ambiente	Data	Ta mínima (°C)	Ta máxima (°C)	Amplitude (°C)	Diferença entre $T_{e\ min}$ e $T_{i\ min}$ (°C)	Amortec. Diário (%)	Amortec. Médio (%)
QL1	25/08	17,48	20,19	2,71	- 8,74	27,41	66,63
	26/08	19,42	20,28	0,86	- 8,76	86,39	
	27/08	18,67	19,99	1,31	- 7,74	86,10	
QL2	25/08	19,76	21,63	1,88	- 11,02	49,63	75,68
	26/08	20,06	20,82	0,76	- 9,04	87,95	
	27/08	19,19	20,18	1,00	- 8,26	89,46	
QO1	25/08	19,65	21,49	1,84	- 10,91	50,75	73,23
	26/08	18,09	19,80	1,70	- 7,43	73,01	
	27/08	19,81	20,19	0,38	- 8,88	95,94	
QO2	25/08	20,33	21,83	1,49	-11,59	59,93	78,36
	26/08	19,10	20,24	1,14	- 8,44	81,93	
	27/08	20,19	20,83	0,64	- 9,26	93,21	
Média do pavimento	25/08	19,31	21,29	1,98	- 10,57	46,93	73,48 (total)
	26/08	19,17	20,29	1,12	- 8,51	82,32	
	27/08	19,46	20,30	0,83	- 8,53	91,18	
Externa	25/08	8,74	12,47	3,73	-	-	-
	26/08	10,66	16,97	6,31	-	-	
	27/08	10,93	20,38	9,45	-	-	

Relativo ao período de inverno, através das medições no local, verificou-se que a temperatura mínima externa é 8,74 °C menor do que a temperatura interna mínima no quarto mais desfavorável (QL1), ou seja, quarto com orientação solar leste e menor ocupação. Ainda observou-se que a amplitude da temperatura externa é muito maior do que as amplitudes internas, sendo a diferença entre elas é muito mais acentuada do que no período de verão, ratificando a inércia térmica existente na edificação, a qual é mais eficiente para o período de inverno.

A figura 47 expressa graficamente o amortecimento térmico médio obtido para os períodos de inverno e verão, em cada um dos quartos analisados e para a média do pavimento.

Com base nos resultados do cálculo de amortecimento observou-se que a edificação apresenta valores entre 45% e 60% de amortecimento para o período de verão e entre 65% a 90% para o período de inverno. Estes valores se devem à alta inércia térmica da edificação, característica importante para locais com grande variação da temperatura como é caso de Santa Maria – RS, sendo que no período de inverno o amortecimento é expressivamente maior pelo grande ganho térmico solar devido à orientação leste-oeste das maiores fachadas da edificação.

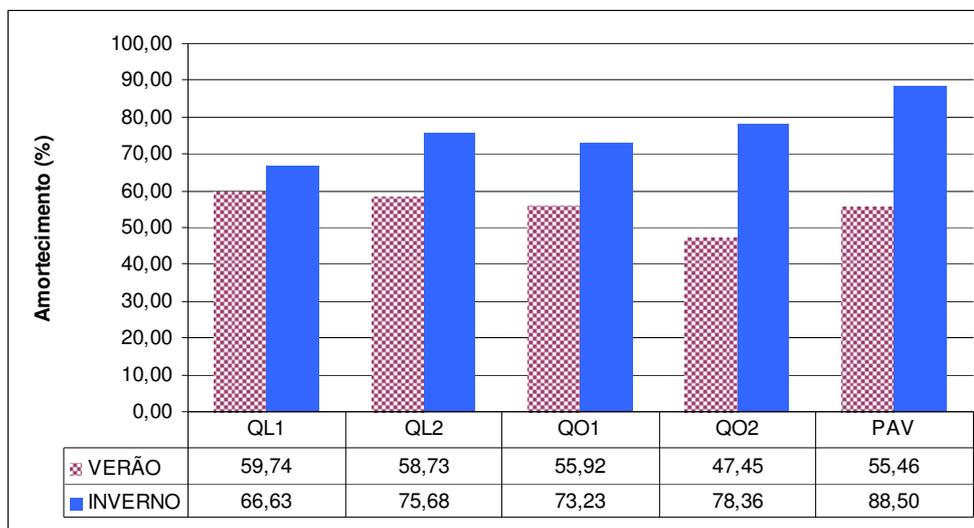


Figura 47 – Amortecimento no inverno e verão

Provavelmente o amortecimento maior no inverno acontece porque neste período as janelas apresentam pequena área de abertura para ventilação (5%) e não há uso de proteção solar, ocorrendo maiores ganhos térmicos através da radiação solar. Em contrapartida, no verão, apesar da existência de proteção solar, a área de abertura das janelas é elevada, correspondendo a 100% da área de ventilação. Ressalta-se que a abertura das janelas no verão aumenta os ganhos por infiltração, pois a ventilação transporta o calor externo aumentando a temperatura do ar e reduzindo, assim, o amortecimento térmico.

### 5.2.3 Análise dos fluxos térmicos através da simulação

Para melhor observar como ocorreram as principais trocas térmicas na edificação, para proposta de futuras melhorias, foram analisados os fluxos térmicos da edificação, os quais estão representados nas figuras 48 e 49 para os períodos de verão e inverno, respectivamente.

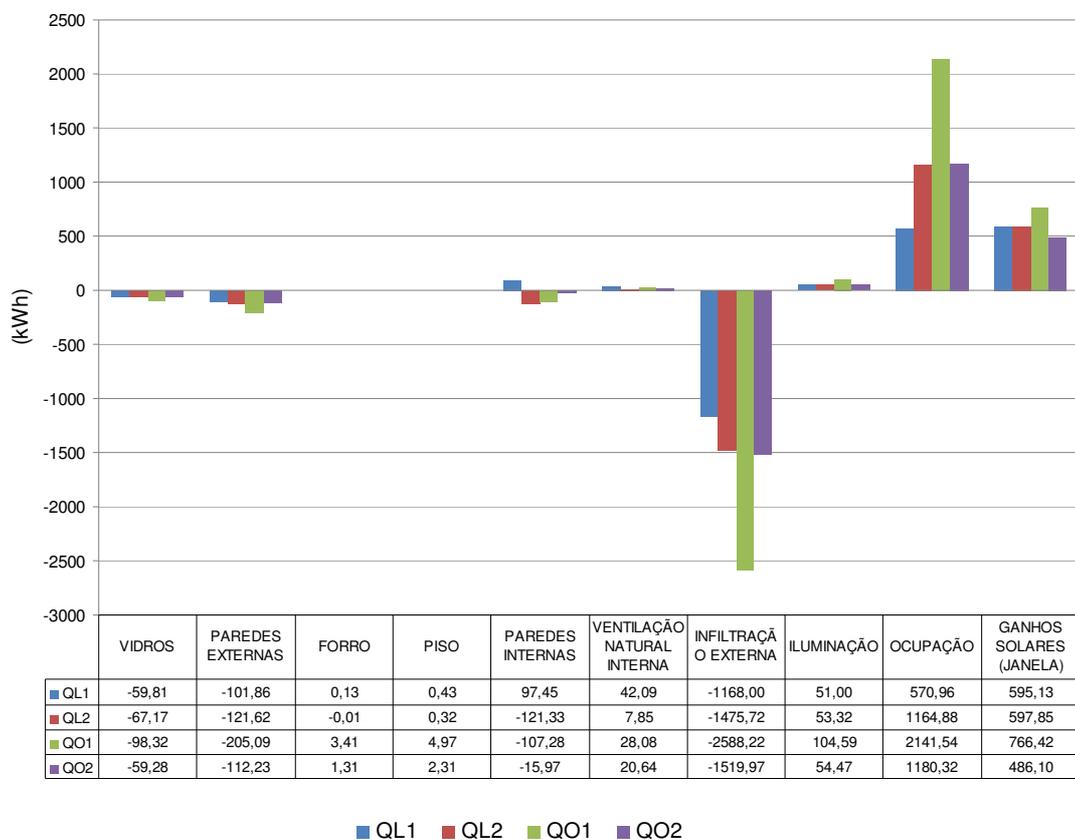


Figura 48 – Fluxos térmicos no período de verão

Nas simulações do hospital universitário, considerados neste trabalho para o período de verão os meses de outubro a março, verifica-se que as maiores perdas ocorreram pelas aberturas através das infiltrações externas. Os ganhos energéticos no período se concentraram em ganhos por ocupação e ganhos solares nas janelas, sendo que os demais ganhos foram inexpressivos. No entanto, deve-se atentar para

a infiltração externa em horários com temperaturas elevadas, pois podem ocasionar a elevação das temperaturas internas não contribuindo para o conforto térmico do ambiente, principalmente para as temperaturas acima de 28 °C

Durante o inverno, para o período estipulado de abril a setembro, assim como nas simulações de verão, as infiltrações externas apresentaram as maiores perdas, porém, neste caso estas perdas são negativas, pois podem causar desconforto térmico por frio e representar a necessidade de maior energia para o aquecimento dos ambientes. Analisando-se a figura 49 verifica-se que as perdas ocorreram através das paredes internas e externas, vidros e ventilação natural interna.

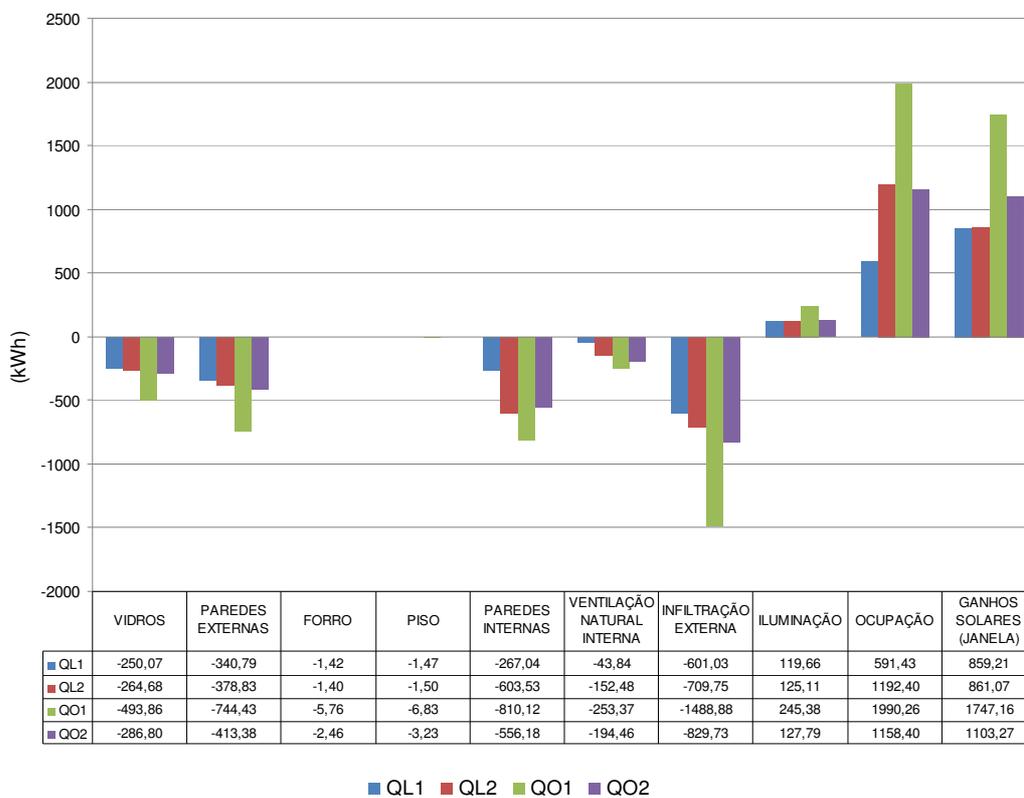


Figura 49 – Fluxos térmicos no período de inverno

Os ganhos dos ambientes são representados pela ocupação e pelos ganhos solares, sendo que esses no inverno são positivos, pois aquecem os ambientes e colaboram para o bom desempenho térmico da edificação. No verão os ganhos

solares são inferiores em consequência do uso das proteções solares nos horários com incidência solar.

Os ganhos solares no inverno são superiores na fachada oeste quando as proteções solares são mantidas abertas durante todo o período de insolação nas duas orientações solares. No verão observa-se que, quando há utilização das proteções solares, os ganhos são maiores na fachada leste quando relacionados os quartos QL2 e QO2, os quais possuem a mesma área, tamanho de janela e ocupação. Entretanto, ressalta-se que as proteções solares no verão são mantidas 50% fechadas durante 5 horas pela manhã, enquanto que durante a tarde são 7 horas de fechamento.

Ainda, quando comparados os ambientes com a mesma orientação verifica-se que o tamanho da janela e sua proporção em relação ao piso influenciam os resultados.

Com base no acima exposto se observou que os ganhos solares são maiores no período de inverno, demonstrando a importância da utilização de proteções solares que permitam regulação de abertura e fechamento em climas com grande variação de temperatura no inverno e verão, bem como é importante obter-se controle dos sistemas de ventilação e o correto dimensionamento das aberturas.



## 6 CONCLUSÕES

A arquitetura tem por função abrigar e proteger o homem garantindo-lhe conforto e bem-estar. Ambientes confortáveis geram condições adequadas de vida e saúde, pois colaboram para que o corpo humano funcione sem fadiga e estresse. A área de internação hospitalar é o local onde, geralmente, o paciente permanece por um maior período de tempo durante tratamento para o restabelecimento da saúde, portanto os aspectos de conforto relacionados a estes ambientes são fundamentais.

Neste sentido, este trabalho se propôs a avaliar o conforto térmico dos pacientes da área de internação do Hospital Universitário de Santa Maria e o desempenho térmico da edificação através de uma metodologia que envolve medições e observações no local, assim como o uso de simulação computacional.

Os dados encontrados nas medições mostram que há uma grande amplitude térmica no município de Santa Maria em um mesmo dia, tanto no período de inverno quanto no verão, quando a amplitude máxima registrada num mesmo dia foi de 13,41 °C. As análises do amortecimento térmico demonstram que a edificação possui grande inércia térmica, pois aquece durante o dia e retém o calor, porque, mesmo nos quartos com orientação leste, o período com maior percentual de insatisfeitos corresponde ao horário da tarde.

Outro aspecto importante observado que diferencia a análise do conforto térmico é que os pacientes internados possuem metabolismo bastante baixo, estão em repouso e permanecem, grande parte do tempo, sentados em poltronas ou deitados. Conseqüentemente, a resistência térmica causada por 50% do corpo em contato com a cama ou poltrona, interfere no índice de isolamento térmico, diferenciando os pacientes dos demais ocupantes e sendo este um fator que dificulta o alcance dos índices de conforto térmico para os períodos mais quentes, visto que é um fator que não pode ser modificado.

As análises realizadas para o conforto térmico apontam que a edificação é confortável para o período de inverno e desconfortável no verão, mostrando que a velocidade do ar melhora os índices de conforto, diminuindo o percentual de insatisfeitos, para situações onde a temperatura interna alcança 28 °C. A edificação é confortável no período de inverno por causa do bom amortecimento térmico, pois a

grande espessura de parede e a proteção por persianas externas projetáveis mantêm as temperaturas mais estáveis e confortáveis mesmo quando as temperaturas externas têm queda acentuada.

Ainda, observa-se que em edificações verticais a influência da orientação solar no conforto térmico dos pavimentos intermediários é expressiva visto que a superfície de fachada exposta à insolação é proporcionalmente maior, sendo que a face oeste é a mais prejudicada.

Considerando as características da edificação e a grande variação térmica do clima de Santa Maria verifica-se que para a edificação estudada é necessário o uso de climatização artificial para resfriamento, durante aproximadamente 12 a 13 horas, no período de verão, entretanto estas condições podem ser amenizadas com adequações bioclimáticas da edificação, quando forem realizadas intervenções na edificação, necessitando para tal um estudo específico.

Quanto ao desempenho térmico a avaliação realizada através do método simplificado da NBR 15.575 (2013) demonstrou que a edificação atende aos critérios mínimos de desempenho. Entretanto a análise dos graus-hora de desconforto apontam para a necessidade de horas resfriamento da edificação, principalmente nos ambientes com orientação oeste, corroborando com os resultados de conforto térmico da análise do PMV e PPD.

Com relação às características construtivas da edificação estudada, observa-se que possui paredes externas bastante espessas as quais contribuem para a inércia térmica; as lajes de entre piso são do tipo caixão com camada de ar de 40 cm isolando os ambientes no sentido vertical; as janelas são grandes, ocupando 2/3 da área de fachada, característica que por um lado auxilia na iluminação e ventilação naturais, porém reduz a inércia da edificação.

A edificação por ter formato longilíneo e com esquadrias ao longo destas fachadas permite a ventilação cruzada, entretanto esta situação é prejudicada pela orientação solar leste-oeste das fachadas, que apresentam proteção solar externa, as quais atenuam os ganhos térmicos obtidos pela incidência solar, porém não garantem ambientes confortáveis.

Quanto às perdas por infiltração no período de inverno é importante o controle sobre as mesmas de modo a garantir a higienização do ambiente, minimizar as perdas e evitar o desconforto local. No caso do HUSM o tipo de esquadrias existente é inadequado para a ventilação no inverno, pois não apresenta sistema para

ventilação higiênica, dificultando as trocas de ar para dissipação de microorganismos. Ainda, a abertura fica posicionada na altura do paciente, causando desconforto local. Neste sentido indica-se a substituição ou adequação das esquadrias ou o uso de sistema de renovação de ar independente da janela.

Com base na análise e interpretação do estudo de caso apresentado, recomendam-se princípios de projeto e estratégias para edifícios com conforto e desempenho térmico.

- Em edificações novas observar a orientação solar para a implantação.
- A ventilação nos períodos de inverno deve garantir a dissipação de microorganismos renovação do ar sem causar desconforto local nos pacientes.
- Propor sistema de ventilação natural através de dutos para resfriamento a fim de auxiliar nas condições de conforto e minimizar a necessidade de uso de ar condicionado.
- Propor um sistema de ventilação que permita sua utilização noturna como estratégia bioclimática para resfriamento da edificação nos períodos quentes.
- Dimensionar as esquadrias considerando a radiação solar e o zoneamento bioclimático.
- Utilizar a ventilação cruzada com saídas de ar independentes para cada ambiente. Na edificação hospitalar é importante garantir a circulação de ar, porém deve-se evitar a troca de microorganismos entre ambientes. No caso do HUSM, poderiam ser utilizados os espaços existentes entre as lajes e os espaços de dutos verticais nas paredes do corredor.
- Garantir a insolação, porém com sistemas de controle da radiação. O sol é importante para a assepsia dos ambientes, porém deve ser controlado para não incidir diretamente sobre os pacientes.
- Utilizar elementos de proteção solar externos, que possam servir como captadores de energia solar. Esta solução poderia ser implantada no HUSM em substituição às proteções solares existentes como forma de compensar os custos energéticos decorrentes do uso de ar condicionado.
- No caso do HUSM, para distribuição de um sistema de ventilação nos pavimentos poderiam ser utilizados os espaços entre as lajes de entrepiso, sendo que a captação do ar deve garantir um ar de boa qualidade livre de impurezas. A captação poderia ocorrer em áreas do entorno do hospital com a criação de jardins

com vegetação e espelhos d'água, para filtragem e resfriamento do ar captado. O ar captado seria conduzido através de dutos subterrâneos, os quais posteriormente subiriam de forma protegida pelas fachadas cegas (sem aberturas), norte e sul, da edificação. Este sistema poderia ser utilizado para resfriamento dos ambientes nos períodos quentes e ventilação higiênica no inverno.

Os resultados deste trabalho contribuem para que a tomada de decisão, em intervenções futuras a serem realizadas no HUSM, possa qualificar os ambientes do ponto de vista do conforto e desempenho térmico, visando garantir espaços que contribuam para a recuperação da saúde através da adoção de soluções sustentáveis e com eficiência energética. Ainda chama a atenção para a importância das estratégias utilizadas no projeto arquitetônico como forma de garantir o conforto térmico e desempenho térmico em edificações hospitalares, adequando às necessidades do clima local.

Projetar ambientes hospitalares assim como realizar avaliação após a ocupação dos espaços é uma atividade bastante complexa, pois são diversas as variáveis que interferem na execução do trabalho. Os projetos de estabelecimentos assistenciais de saúde devem considerar além das questões de fluxo, funcionamento, complexidade tecnológica, segurança, contaminação aspectos como arquitetura adequada ao clima local que privilegie o conforto ambiental e a eficiência energética. As avaliações de ambientes ocupados apresentam limitações quanto aos horários e posicionamento dos equipamentos para a realização das medições, existência de quartos que não possuem sistema de ar condicionado, assim como de se obter com precisão todas as informações de materiais e características construtivas da edificação.

## **6.1 Trabalhos futuros**

Recomenda-se enfim que outros estudos sejam realizados sobre este assunto ampliando a abordagem de modo a subsidiar os profissionais no momento do projeto, destacando-se:

- simular alterações nas esquadrias e nos sistemas de ventilação natural a fim de verificar alterações no desempenho térmico da edificação;

- avaliar a influência do tamanho das esquadrias do HUSM nos resultados de desempenho e conforto, visto que as mesmas são grandes e o recomendado para a zona bioclimática 2 são esquadrias de tamanho médio;
- simular a eficiência energética das alterações propostas e sua viabilidade econômica;
- projetar e dimensionar um sistema de ventilação através de dutos que garantam ventilação nos períodos quentes, de modo a insuflar ar nos ambientes com temperaturas inferiores às temperaturas externas;
- simular a edificação existente com diferentes orientações solares com o objetivo de verificar sua adequação;
- calcular as horas necessárias de condicionamento artificial e o consumo energético para a edificação estudada;
- realizar medições de inverno em períodos mais rigorosos;
- avaliar o pavimento subsolo, térreo e último pavimento da edificação;
- aplicar a metodologia proposta em outras edificações hospitalares verticais na mesma zona bioclimática para comparação de resultados.

Finalmente, almeja-se que este trabalho estimule o debate sobre os padrões de conforto térmico existentes nas edificações hospitalares e as soluções construtivas que vem sendo adotadas em detrimento da necessidade de garantia da qualidade e do conforto ambiental buscando soluções sustentáveis.

Adequadas condições de conforto térmico somam-se às demais condições, que asseguram o conforto dos ambientes, qualidades necessárias para a humanização dos espaços hospitalares propícios ao restabelecimento da saúde dos pacientes.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7256:** tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) – Requisitos para projeto e execução das instalações. Rio de Janeiro, Brasil, 2005. 22 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.220-1:** desempenho térmico de edificações. Parte 1: definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, Brasil, 2005. 08 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.220-3:** desempenho térmico de edificações. Parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, Brasil, 2005. 30 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.575-1:** edificações habitacionais – desempenho. Parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro, Brasil, 2013. 71 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.575-4:** edificações habitacionais – desempenho. Parte 4: sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro, Brasil, 2013. p. 26-28.

\_\_\_\_\_. **NBR 16401-2:** instalações de ar condicionado: sistemas centrais e unitários. Parte 2: parâmetros de conforto térmico. Rio de Janeiro, Brasil, 2008. 7 p.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO/CIE 8995-1:** iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: interior. Rio de Janeiro, Brasil, 2013. 46 p.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução de Diretoria Colegiada n. 50, de 21 de fevereiro de 2002.** Dispõe sobre o regulamento técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde. Brasília, 2002. 144 p.

\_\_\_\_\_. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução n. 9, de 16 de janeiro de 2003.** Orientação técnica elaborada por grupo técnico assessor sobre padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. Brasília, 2003. 10 p.

ASHRAE. AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **ANSI/ASHRAE 55**: thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, GA, 2010. 37 p.

BALTAR, M. G. **Redução da demanda de energia elétrica utilizando parâmetros construtivos visando ao conforto térmico**. PUC: Porto Alegre, 2006. 153 p. il. Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Disponível em: <[http://tede.pucrs.br/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=140](http://tede.pucrs.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=140)>. Acesso em: 06 dez. 2012.

BICALHO, F. de C. **A Arquitetura e a Engenharia no Controle de Infecções**. Rio de Janeiro: Rio Book's, 2010. 128 p.

BITTENCOURT, L.; CÂNDIDO, C. **Introdução à Ventilação Natural**. 3. ed. rev. e amp. Maceió: EDUFAL, 2008. 173 p. il.

BUSINESS TELEVISION. **Palestra “De Mãos Dadas” reúne profissionais no RS**. Disponível em: <<http://www.business-television.com.br/site/blog/?tag=hospital-das-clinicas>>. Acesso em: 20 set. 2013.

CARAM, R. M.; PERÉN, J. I. **Interação da ventilação natural, mecânica e climatização**: Estudo do Hospital Sarah Kubitschek Fortaleza, do arquiteto João Filgueiras Lima, Lelé. ENCAC, Ouro Preto, 2007. Disponível em: <<http://www.fag.edu.br/professores/deniseschuler/2%BA%20semestre%202009/conforto%20ambiental%20I/textos%20complementares/Art%2520A%2520Hospitais.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2010.

CUNHA, E. G. da (Org.). **Elementos de arquitetura de climatização natural**: método projetual buscando a eficiência nas edificações. 2ª ed. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2006. 188 p.

DE VECCHI, Renata. **Condições de conforto térmico e aceitabilidade da velocidade do ar em salas de aula com ventiladores de teto para o clima de Florianópolis/SC**. UFSC: Florianópolis, 2011. 142 p. il. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Disponível em: <[http://www.labeeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO\\_Renata\\_De\\_Vecchi.pdf](http://www.labeeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO_Renata_De_Vecchi.pdf)>. Acesso em: 02 jul. 2013.

FANGER, P. O. **Thermal Comfort – analysis and application in environmental engineering**. Nova York: McGraw-Hill, 1970. 244 p.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001. 243 p.

GIVONI, b. Confort, climate analysis and building design guidelines. **Energy and Building**, vol. 18, p. 11 – 23, July 1992.

GUIMARÃES, N. do V. R. R. (org.). **Hotelaria hospitalar: uma visão interdisciplinar**. São Paulo, SP. Atheneu, 2007. 148 p.

INSTITUTO DE PLANEJAMENTO DE SANTA MARIA. Diretoria de Planejamento. Setor de Geoprocessamento. **Levantamento Aerofotogramétrico**. Santa Maria, 2013.

ISO. INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARD. **ISO 7730**: 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. Geneva, Switzerland, 2005. 52 p.

\_\_\_\_\_. **ISO/DIS 7726**: Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities. Geneva, Switzerland, 1998. 51 p.

KEELER, M.; BURKE B. **Fundamentos de projetos de edificações sustentáveis**. Tradução técnica de Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2010. 362 p.

KRAUSE, C. B.; et al. **Bioclimatismo no projeto de arquitetura: dicas de projeto: alguns fundamentos e instrumentos para concepção em clima tropical úmido para edificações previstas sem climatização ou com climatização mista.**: Proarq – DTC, FAU, UFRJ: Rio de Janeiro, 2005. 83 p. Disponível em: <[http://www.fau.ufrj.br/apostilas/conforto\\_claudia/nova/arquivos/textos\\_de\\_apoio/apostila\\_conforto.pdf](http://www.fau.ufrj.br/apostilas/conforto_claudia/nova/arquivos/textos_de_apoio/apostila_conforto.pdf)>. Acesso em: 22 set 2013.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW, 1997. 192 p. il.

LIMA, R. V. dos S. **A influência de decisões arquitetônicas na eficiência energética do Campus**. UFRN. Natal. 2007. 221 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, RN, 2007. Disponível em: <[http://bdtd.bczm.ufrn.br/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=1839](http://bdtd.bczm.ufrn.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1839)>. Acesso em: 18 mai. 2013.

LIMEIRA, F. M. **Arquitetura e Integralidade em Saúde: uma análise do sistema normativo para projetos de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde.** UnB: Brasília, 2006. 177 f. Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, DF, 2006. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/cp026395.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2010.

LIN, Z.; DENG, S. A study on the thermal comfort in sleeping environments in the Subtropics: Developing a thermal comfort model for sleeping environments. **Building and Environment**, n. 43, p. 70-81, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132306004458>>. Acesso em: 23 abr 2013.

LOMAS, K. J.; GIRIDHARAN, R. Thermal comfort standards, measured internal temperatures and thermal resilience to climate change of free-running buildings: A case-study of hospital wards. **Building and Environment**, vol. 55, p. 57-72, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132311004227>>. Acesso em: 29 set 2013.

LUKIANCHUKI, M. A. **A evolução das estratégias de conforto térmico e ventilação natural na obra de João Filgueiras Lima, Lelé: Hospitais Sarah de Salvador e do Rio de Janeiro.** USP: São Carlos, São Paulo, 2010. 320 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-25042011-100330/pt-br.php>>. Acesso em: 05 mai 2011.

MALHEIROS, F. van A. **Desempenho térmico de pavilhões industriais: estudo de casos em Panambi/RS.** UFSM: Santa Maria, RS, 2005. 184 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, RS, 2005. Disponível em: <[http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=1555](http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1555)>. Acesso em: 17 nov. 2011.

MARCONDES, M. P.; et al. **Conforto e desempenho térmico nas edificações do novo centro de pesquisas da Petrobras no Rio de Janeiro.** AMBIENTE CONSTRUÍDO, Porto Alegre, V10 N1, p. 7-29, 2010. Disponível em: <<http://www.antaq.org.br/ambienteconstruido/pdf/revista/artigos/Doc193292.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2010.

MASCARELLO, V. L. D. **Princípios bioclimáticos e princípios de arquitetura moderna – evidências no edifício hospitalar.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Arquitetura, Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, Porto Alegre, RS, 2005. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/5747>>. Acesso em: 10 ago 2010.

MASCARÓ, L. R. de. **Energia na Edificação:** estratégias para minimizar seu consumo. 2. ed. São Paulo: Projeto, 1991. 213 p.

MENEZES, C. **O que é ser arquiteto:** Memórias profissionais de Lelé (João Figueiras Lima). Rio de Janeiro: Record, 2004.

MORAES, O. D. de; CÂNDIDO, Í.; VIERA, E. V. de. **Hotelaria Hospitalar:** um novo conceito no atendimento ao cliente da saúde. Caxias do Sul, RS. EDUCS, 2004. 241 p.:il. (Coleção Hotelaria)

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42 p.

OLIVEIRA, R. P. **Utilização de um aplicativo de simulação computacional na avaliação de desempenho térmico de protótipo de Habitação de Interesse Social (HIS).** UFRN: Natal, RN, 2010. 124 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, RN, 2010. Disponível em: <[http://bdt.d.bczm.ufrn.br/tde\\_arquivos/22/TDE-2010-11-16T093952Z-3040/Publico/RodrigoPO\\_DISSERT.pdf](http://bdt.d.bczm.ufrn.br/tde_arquivos/22/TDE-2010-11-16T093952Z-3040/Publico/RodrigoPO_DISSERT.pdf)>. Acesso em: 28 set 2013.

OLIVEIRA, L. S. **Avaliação dos limites das propriedades térmicas dos fechamentos opacos da NBR 15220-3, para Habitações de Interesse social, da Zona Bioclimática 2.** UFPel: Pelotas, RS, 2012. 168 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, RS, 2012. Disponível em: <[http://prograu.ufpel.edu.br/uploads/biblioteca/dissertacao\\_liader\\_final.pdf](http://prograu.ufpel.edu.br/uploads/biblioteca/dissertacao_liader_final.pdf)>. Acesso em: 15 set 2013

PEDRINI, A; VENÂNCIO, R. **Treinamento para o programa DesignBuilder.** Apostila. Natal: UFRN, 2009. 83 p.

RIBEIRO, G. P. **Conforto ambiental, sustentabilidade, tecnologia e meio ambiente:** estudo de caso Hospital Sarah Kubitschek – Brasília. III FÓRUM DE PESQUISA FAU MACKENZIE, São Paulo, 2007. Disponível em: <[http://www.mackenzie.br/fileadmin/Graduacao/FAU/Publicacoes/PDF\\_IIIForum\\_a/MACK\\_III\\_FORUM\\_GISLENE\\_RIBEIRO.pdf](http://www.mackenzie.br/fileadmin/Graduacao/FAU/Publicacoes/PDF_IIIForum_a/MACK_III_FORUM_GISLENE_RIBEIRO.pdf)>. Acesso em: 28 set 2010.

RIVERO, R. **Arquitetura e clima:** acondicionamento térmico natural. 2ª ed. ver. amp. Porto Alegre: D.C. Luzzatto Editores, 1986. 240 p.

ROSCIO, P. Palestra “De Mãos Dadas” reúne profissionais no RS. **Business Television**. Porto Alegre, 16 nov. 2010. Disponível em: <http://www.business television.com.br/site/blog/?tag=hospital-das-clinicas>. Acesso em 20/09/2013.

ROTTA, R. **Desempenho térmico em edificações multifamiliares de interesse social em conjuntos habitacionais em Santa Maria – RS**. UFSM: Santa Maria, RS, 2009. 131 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, RS, 2009. Disponível em: <[http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde\\_busca/arquivo.php/codArquivo=2651](http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde_busca/arquivo.php/codArquivo=2651)>. Acesso em: 17 mai. 2011.

RUAS, Á. C. **Avaliação de conforto térmico**: contribuição à aplicação prática das normas internacionais. UNICAMP: Campinas, SP, 1999. 78 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, SP, 1999a. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000189225&fd=y>>. Acesso em 30 nov. 2011.

RUAS, Á. C. **Conforto térmico nos ambientes de trabalho**. Ministério do Trabalho: FUNDACENTRO – Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, 1999b. 94 p.

SANTA MARIA (RS). Prefeitura. **Código de Obras e Edificações**: Lei Complementar 070/2009. Santa Maria, 2009.

SANTOS, M.; BURSZTYN, I. (Org.). **Saúde e arquitetura**: caminhos para a humanização dos ambientes hospitalares. Capítulo 2 de Fábio Bitencourt. Rio de Janeiro: Editora Senac Rio, 2004. 28 - 41 p. il.

\_\_\_\_\_. **Saúde e arquitetura**: caminhos para a humanização dos ambientes hospitalares. Capítulo 6 de Luiz Carlos de Menezes Toledo. Rio de Janeiro: Editora Senac Rio, 2004. 92 - 105 p. il.

SKOOG, J.; FRANSSON, N.; JAGEMAR, L. Thermal environment in Swedish hospitals: Summer and winter measurements. **Energy and Buildings**, vol. 37, pp. 872-877, 2005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778804003470>>. Acesso em: 29 set 2013.

TOLEDO, L. C. **Feitos para curar**: arquitetura hospitalar e processo projetual no Brasil. Rio de Janeiro: ABDEH, 2006. 127 p. il.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Pró-Reitoria de Infraestrutura. **Acervo arquivos digitais**. Santa Maria, 2010.

\_\_\_\_\_. Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa. **Estrutura e Apresentação de Monografia, Dissertações e Teses: MDT**. 8. ed. Santa Maria: Ed. UFSM, 2012. 72p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. **Software Analysis 1.5**. Disponível em: <<http://www.labe.ee.ufsc.br/downloads/softwares/analysis>>. Acesso em 30 abr 2012.

VERHEYEN, J.; et. al. Thermal comfort of patients: objective and subjective measurements in patient rooms of a Belgian healthcare facility. **Building and Environment**, vol. 46, p. 1195-1204, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132310003665>>. Acesso em: 26 jan 2013.

WALLAUER, M. D. **Utilização do programa Energyplus para a simulação do conforto térmico em edificações populares em quatro capitais brasileiras**. UFRGS: Porto Alegre, RS, 2003. 105 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, RS, 2003. Disponível em: <<HTTP://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3653/000402925.pdf?sequence=1>>. Acesso em 27 fev 2013.

WESTPHAL, E. **A linguagem da arquitetura hospitalar de João Filgueras Lima**. UFRGS: Porto Alegre, RS, 2007. 122 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Arquitetura, RS, 2007. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/11433>>. Acesso em 10 ago 2010.

ZÓFOLI, G. da R. **Contribuição termo-energética dos fechamentos transparentes em edifícios comerciais climatizados artificialmente em Santa Maria - RS**. UFSM: Santa Maria, RS, 2011. 188 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, RS, 2011. Disponível em: <[http://w3.ufsm.br/ppgec/wpcontent/uploads/Giana%20da%20Rocha%20Z%C3%B3foli\\_Disserta%C3%A7%C3%A3o%20de%20Mestrado.pdf](http://w3.ufsm.br/ppgec/wpcontent/uploads/Giana%20da%20Rocha%20Z%C3%B3foli_Disserta%C3%A7%C3%A3o%20de%20Mestrado.pdf)>. Acesso em: 28 out. 2013.



## Apêndice A – Valores das medições de campo

Tabela 16 – Variáveis ambientais no período de verão

Dia	Hora	Temperatura do ar (Ta) °C					Umidade relativa do ar (UR) %			
		QL1	QL2	QO1	QO2	Externa	QL1	QL2	QO1	QO2
10/03/2012	00:00	25,61	25,98	26,92	26,02	23,42	66,15	63,70	59,81	62,06
	01:00	25,06	25,91	26,50	25,55	22,75	69,68	64,83	62,28	64,66
	02:00	24,75	25,47	26,34	25,16	22,18	72,35	66,98	63,83	66,96
	03:00	24,74	25,30	26,08	25,49	22,06	72,87	67,79	64,60	65,31
	04:00	24,89	25,21	25,88	25,74	21,81	70,86	67,93	64,85	63,76
	05:00	24,86	24,93	25,69	25,74	21,75	70,86	68,66	65,28	63,43
	06:00	24,58	24,87	25,56	25,45	21,95	72,67	70,20	67,08	65,44
	07:00	24,41	24,82	25,36	25,37	21,89	72,03	69,46	67,04	65,07
	08:00	24,55	24,94	25,43	25,05	22,84	72,72	69,87	67,87	67,28
	09:00	25,55	25,89	25,97	25,70	26,99	71,23	68,50	68,31	67,28
	10:00	26,56	26,70	26,67	26,59	29,81	67,41	64,78	65,57	63,33
	11:00	27,05	27,30	27,20	27,00	31,41	61,95	59,30	60,64	58,72
	12:00	27,89	28,03	27,78	27,69	32,35	58,58	56,61	60,16	57,36
	13:00	28,31	28,46	28,82	28,76	32,11	61,10	58,96	58,87	56,82
	14:00	28,91	28,97	29,52	29,46	32,64	58,63	56,73	56,13	53,99
	15:00	29,18	29,55	30,76	31,05	33,68	55,75	51,14	48,31	44,92
	16:00	29,49	29,55	30,87	30,88	35,01	50,15	47,02	43,92	41,77
	17:00	29,60	29,89	31,83	31,96	34,19	45,52	42,50	38,81	36,60
	18:00	29,68	30,12	30,57	30,97	32,71	51,69	48,79	48,65	45,16
	19:00	29,65	30,04	29,71	30,15	30,49	56,07	53,18	55,86	51,86
	20:00	29,07	29,39	29,33	29,75	28,99	60,05	57,46	59,11	55,26
	21:00	28,47	28,53	29,00	29,18	27,40	63,77	61,83	60,66	57,64
	22:00	27,37	27,30	28,26	28,32	25,59	67,82	66,17	62,24	60,70
23:00	26,76	26,42	28,06	27,85	24,77	66,48	65,87	59,06	58,86	
11/03/2012	00:00	26,26	25,89	27,69	27,32	24,08	65,89	65,60	57,46	58,35
	01:00	26,59	26,24	27,04	26,86	23,66	62,34	62,25	59,48	58,10
	02:00	26,96	26,44	26,87	26,52	23,73	58,85	60,00	59,08	57,83
	03:00	27,02	26,47	26,94	26,45	23,74	59,09	60,33	58,94	58,31
	04:00	26,70	26,16	26,80	26,14	23,46	59,53	60,06	58,96	58,59
	05:00	26,80	26,13	26,28	25,47	22,98	59,05	59,90	61,01	60,97
	06:00	26,54	25,75	26,18	24,53	22,53	58,38	59,88	60,43	63,54
	07:00	26,80	25,78	26,32	24,54	23,57	58,27	60,03	59,84	63,84
	08:00	26,40	25,98	26,83	25,66	25,51	61,55	61,51	58,60	61,18
	09:00	27,28	26,99	27,28	26,72	27,94	61,32	60,22	60,06	60,05
	10:00	28,22	28,25	27,86	27,62	29,73	58,94	57,57	60,45	58,88
	11:00	28,63	29,10	28,20	28,05	31,57	58,61	55,66	60,74	58,49
	12:00	28,94	29,56	28,95	28,72	32,43	58,06	54,13	58,29	56,49
13:00	29,53	29,74	29,78	29,34	33,53	47,54	44,96	46,10	45,45	

Continua

Dia	Hora	Temperatura do ar (Ta) °C					Umidade relativa do ar (UR) %			
		QL1	QL2	QO1	QO2	Externa	QL1	QL2	QO1	QO2
11/03/2012	14:00	29,88	29,91	30,73	30,43	33,63	45,77	43,85	42,56	41,54
	15:00	30,09	30,14	30,87	30,95	34,86	44,40	41,20	41,14	38,78
	16:00	30,12	30,25	31,29	31,60	34,73	43,41	40,76	40,07	36,80
	17:00	30,51	30,55	30,88	31,36	34,92	42,39	40,46	41,02	37,77
	18:00	30,86	31,12	30,36	30,77	33,18	43,99	41,93	45,84	42,78
	19:00	30,67	30,84	30,23	30,41	31,14	48,45	46,62	49,90	47,27
	20:00	29,93	30,06	29,77	30,01	29,22	55,90	54,32	56,39	53,67
	21:00	29,15	29,26	29,40	29,59	27,76	60,77	58,74	59,67	56,84
	22:00	28,16	28,06	28,73	28,80	26,65	59,18	57,37	56,79	54,22
	23:00	27,61	27,67	28,25	28,22	26,31	54,89	53,18	52,67	50,61
12/03/2012	00:00	27,06	27,28	27,79	27,99	25,18	60,34	57,74	57,07	54,56
	01:00	26,82	27,09	27,62	27,78	24,78	59,37	57,19	56,34	53,70
	02:00	26,20	26,71	27,47	27,47	23,65	58,09	54,73	53,34	51,00
	03:00	25,61	26,40	27,08	26,96	23,28	58,11	53,61	52,40	50,21
	04:00	25,71	26,52	27,22	27,38	23,38	61,88	56,64	53,93	50,18
	05:00	25,80	26,57	27,33	27,58	23,06	61,93	57,24	54,80	51,56
	06:00	25,56	26,24	27,17	27,27	22,81	64,29	59,86	56,75	53,49
	07:00	25,85	26,36	26,92	27,06	24,11	65,27	60,52	59,00	56,22
	08:00	26,56	26,64	26,93	26,89	26,59	63,10	60,34	60,19	58,10
	09:00	27,60	27,22	27,33	27,24	29,44	59,96	59,58	60,70	58,86
	10:00	28,43	28,14	27,91	27,98	30,94	55,16	55,73	58,00	55,44
	11:00	29,61	29,18	28,76	28,87	31,67	51,76	53,35	56,44	53,68
	12:00	30,08	29,86	29,59	29,58	32,75	52,69	53,46	56,04	53,40
	13:00	30,36	30,10	30,77	30,62	34,43	45,93	44,82	44,31	42,57
	14:00	31,00	30,81	31,40	31,68	35,04	39,98	38,20	37,86	35,60
	15:00	31,45	31,44	32,29	32,78	35,62	36,11	33,66	33,47	31,01
	16:00	31,34	31,67	32,58	33,33	35,91	35,49	32,83	32,94	29,96
	17:00	31,23	31,51	32,46	33,39	36,21	35,61	33,30	33,13	29,92
	18:00	30,97	31,23	31,98	33,09	35,39	36,89	34,24	35,48	30,72
	19:00	30,70	30,92	30,99	31,90	31,33	46,98	45,72	46,99	42,81
	20:00	30,17	30,04	30,34	31,16	29,31	54,96	53,53	53,90	49,22
	21:00	29,58	29,62	29,96	30,68	28,58	56,47	54,68	55,22	50,57
	22:00	28,80	28,98	29,61	30,08	27,46	58,47	55,74	55,15	51,56
23:00	28,91	28,90	29,54	30,05	27,57	56,39	54,75	53,82	50,05	
13/03/2012	00:00	28,89	29,06	29,36	29,78	28,46	51,49	49,79	50,35	46,80
	01:00	29,40	29,30	29,50	29,80	29,12	45,77	44,56	46,06	42,64
	02:00	29,28	29,05	29,31	29,57	28,41	46,87	46,14	47,14	44,16
	03:00	29,10	28,72	29,22	29,36	27,85	46,51	45,86	46,67	43,85
	04:00	28,49	28,34	27,91	28,03	26,10	50,19	49,78	52,30	49,76
	05:00	28,26	28,30	27,68	27,68	25,87	52,98	51,84	55,55	53,14
	06:00	28,10	28,18	27,64	27,63	25,60	52,75	51,83	55,48	53,30
	07:00	28,57	28,19	27,76	27,63	26,92	50,25	49,33	53,82	51,86
	08:00	28,66	28,45	27,76	27,63	28,92	51,87	50,60	54,42	52,56
	09:00	29,46	29,39	28,68	28,71	30,66	50,65	49,88	54,60	52,05
10:00	30,38	30,29	29,33	29,38	32,53	47,13	47,66	53,70	50,27	

## Continuação

Dia	Hora	Temperatura do ar (Ta) °C					Umidade relativa do ar (UR) %			
		QL1	QL2	QO1	QO2	Externa	QL1	QL2	QO1	QO2
13/03/2012	11:00	29,92	29,92	29,60	29,66	30,63	51,24	50,78	53,18	50,66
	12:00	29,41	29,56	29,18	29,36	29,69	49,11	47,89	50,36	47,92
	13:00	28,68	28,95	28,19	28,47	27,93	44,41	42,82	46,10	43,43
	14:00	28,54	28,80	28,02	28,43	28,62	47,11	45,00	49,11	45,90
	15:00	28,54	29,04	28,10	28,60	28,29	51,30	48,82	56,63	49,03
	16:00	28,06	28,61	27,68	28,30	26,88	54,47	51,46	57,03	51,51
	17:00	28,30	28,25	26,48	27,55	25,25	56,83	54,68	62,34	56,36
	18:00	28,46	27,97	26,36	27,38	25,12	59,13	58,48	66,53	60,02
	19:00	27,66	27,39	27,16	27,60	24,40	63,69	62,49	65,23	60,92
	20:00	26,63	27,99	27,23	27,33	23,77	66,44	59,95	63,25	60,43
	21:00	27,11	28,18	27,09	27,21	23,53	64,87	58,14	63,10	60,37
	22:00	27,57	28,18	26,19	26,93	23,36	61,77	57,68	66,18	61,55
	23:00	27,58	28,18	26,91	27,33	23,13	59,54	55,40	62,41	58,31
14/03/2012	00:00	27,20	28,18	26,04	26,86	23,02	60,59	56,49	65,82	60,85
	01:00	27,33	28,11	26,16	26,58	23,04	59,92	56,81	66,84	62,15
	02:00	27,44	28,09	26,49	26,59	22,99	59,35	55,72	64,45	61,72
	03:00	26,48	27,80	25,17	26,18	22,52	62,28	57,31	69,63	63,47
	04:00	26,83	27,82	26,22	26,76	22,50	63,33	57,80	68,08	62,01
	05:00	26,55	27,91	26,82	27,15	22,26	65,74	58,26	64,81	61,28
	06:00	26,75	27,82	26,94	27,24	22,41	64,85	58,43	64,36	60,87
	07:00	26,31	27,72	26,76	26,52	22,64	66,97	59,00	64,40	62,90
	08:00	26,24	26,98	26,56	26,27	23,06	68,09	62,39	66,06	64,96
	09:00	26,27	26,10	26,40	26,15	23,07	66,74	64,77	65,40	63,84
	10:00	26,93	26,50	26,54	26,24	25,53	63,92	62,86	64,50	62,84
	11:00	27,04	26,71	26,64	26,48	27,06	61,63	60,92	62,75	60,85
	12:00	27,11	26,94	26,42	26,36	27,48	59,90	59,48	62,20	59,65
	13:00	27,30	27,03	26,57	26,43	28,14	59,94	59,40	62,56	60,50
	14:00	27,18	27,08	26,75	26,62	27,88	59,68	58,94	61,66	59,72
	15:00	27,01	26,96	26,56	26,45	26,67	61,78	60,94	64,00	61,76
	16:00	27,08	26,99	26,71	26,55	27,23	59,34	58,66	61,16	59,29
	17:00	27,20	27,12	26,97	26,76	27,61	56,84	56,15	58,29	56,27
	18:00	27,04	27,02	26,76	26,77	26,72	49,85	48,45	50,65	48,55
	19:00	26,88	26,84	26,53	26,47	25,68	56,84	48,38	50,95	48,75
	20:00	26,55	26,49	25,90	25,90	24,19	50,31	49,83	53,22	50,87
	21:00	26,24	26,32	25,31	25,58	23,10	47,66	47,13	51,25	48,45
	22:00	26,29	26,33	25,12	25,32	22,34	46,00	45,06	51,02	46,58
23:00	26,12	26,19	25,08	25,08	21,90	44,17	42,88	48,01	45,25	
15/03/2012	00:00	26,31	26,31	25,55	25,24	21,49	44,52	43,28	48,68	46,55
	01:00	26,44	26,34	25,76	25,41	21,24	44,75	43,65	49,11	47,75
	02:00	26,37	26,34	25,36	25,15	21,07	44,45	43,67	48,55	47,02
	03:00	26,24	26,32	24,97	24,89	20,88	44,65	43,85	49,72	47,66
	04:00	26,48	26,31	25,27	25,04	21,15	45,67	44,50	50,29	48,50
	05:00	26,58	25,94	25,50	25,19	20,93	46,67	46,36	50,84	49,04
	06:00	26,38	25,19	25,69	25,44	21,30	47,10	48,29	49,68	47,96
07:00	25,87	24,08	25,38	24,91	20,89	45,29	47,52	46,99	46,20	

## Continuação

Dia	Hora	Temperatura do ar (Ta) °C				Umidade relativa do ar (UR) %				
		QL1	QL2	QO1	QO2	Externa	QL1	QL2	QO1	QO2
15/03/2012	08:00	26,15	23,81	24,86	24,51	22,39	43,19	46,84	45,74	44,69
	09:00	25,80	24,60	24,81	24,98	23,40	42,43	44,63	45,87	44,52
	10:00	25,35	25,07	24,78	24,80	23,53	44,01	43,85	46,68	44,43
	11:00	25,47	25,53	24,90	24,87	24,57	45,17	44,40	48,18	45,64
	12:00	25,85	25,40	24,96	25,09	25,05	44,16	42,58	46,39	43,67
	13:00	26,02	25,65	25,00	25,19	25,55	41,95	42,12	44,97	42,50
	14:00	25,92	25,67	25,24	25,32	25,70	41,10	40,66	43,67	41,12
	15:00	26,05	25,55	25,35	25,44	26,68	38,95	38,29	40,57	38,10
	16:00	25,93	25,55	25,54	25,66	26,46	38,76	38,72	40,31	37,87
	17:00	25,91	25,75	25,89	25,95	26,94	37,10	36,77	37,89	35,90
	18:00	26,02	25,92	26,01	26,11	26,27	38,71	38,42	39,09	36,79
	19:00	25,87	25,94	25,47	25,53	24,06	40,50	39,77	41,96	39,63
	20:00	25,72	25,83	25,11	25,31	22,72	44,31	43,94	47,13	44,14
	21:00	25,08	25,95	25,23	25,14	22,10	43,83	46,26	44,76	42,40
22:00	24,75	25,95	25,15	25,00	20,94	47,55	47,68	46,04	44,18	
23:00	24,26	25,93	25,29	24,93	20,77	48,20	49,10	46,78	45,24	
16/03/2012	00:00	23,80	25,66	25,01	24,73	20,36	49,66	47,08	46,37	44,84
	01:00	23,40	25,56	24,71	24,41	19,66	50,52	47,22	46,92	45,66
	02:00	23,37	25,56	24,77	24,23	19,20	51,79	48,41	48,07	47,03
	03:00	23,65	25,56	24,94	24,51	18,74	51,48	51,20	47,42	46,44
	04:00	23,70	25,56	24,91	24,38	18,42	50,63	52,92	47,50	46,65
	05:00	24,28	25,56	25,03	24,56	18,12	50,15	53,32	48,46	46,68
	06:00	24,43	25,54	25,06	24,74	18,05	49,67	53,14	47,99	45,67
	07:00	24,82	25,10	24,92	24,30	18,99	45,23	48,36	47,07	46,71
	08:00	24,98	24,05	24,54	23,77	21,83	48,49	48,93	48,91	48,74
	09:00	23,80	23,41	24,13	23,25	21,36	50,73	50,52	49,80	50,56
	10:00	23,68	24,03	24,01	23,35	22,86	52,45	51,61	52,17	51,88
	11:00	23,78	24,36	24,11	23,52	23,36	49,49	47,93	49,60	48,98
	12:00	23,76	24,76	24,10	23,73	23,83	46,79	45,30	46,95	45,82
	13:00	24,05	24,84	24,32	24,03	24,48	44,49	42,67	44,82	43,44
14:00	24,45	25,17	24,48	24,38	25,64	43,74	41,59	44,76	43,01	
15:00	24,75	25,17	24,79	24,81	27,69	43,97	42,13	45,69	42,72	
16:00	25,09	25,17	25,03	25,22	28,08	42,83	41,25	44,18	41,10	
17:00	25,17	25,17	25,05	25,30	27,88	40,53	39,31	41,83	39,10	
18:00	25,30	25,17	25,08	25,26	27,33	44,53	42,59	44,51	42,03	
19:00	24,63	25,20	24,91	24,97	23,88	47,70	45,64	47,66	45,47	
20:00	24,04	25,17	24,61	24,76	22,34	49,05	46,34	48,34	46,11	
21:00	23,87	25,13	24,61	24,50	21,76	48,91	46,28	47,72	45,86	
22:00	23,49	24,76	24,43	23,96	21,27	50,20	45,92	47,98	46,94	
23:00	22,61	24,30	23,89	23,65	20,84	56,64	49,46	52,29	51,05	

Tabela 17 – Variáveis ambientais no período de inverno

Dia	Hora	Temperatura do ar (Ta) °C					Umidade relativa do ar (UR) %			
		QL1	QL2	QO1	QO2	Externa	QL1	QL2	QO1	QO2
24/08/2012	00:00	23,86	25,25	22,27	23,37	17,71	45,50	41,03	49,23	43,78
	01:00	23,92	24,82	22,47	22,79	16,60	42,95	37,66	45,97	41,77
	02:00	23,69	24,57	22,46	22,33	16,34	41,98	37,22	43,98	41,43
	03:00	23,63	24,82	22,42	22,08	15,85	41,22	36,67	43,73	41,62
	04:00	23,57	24,62	22,66	22,13	15,41	41,60	36,88	44,00	42,53
	05:00	23,35	24,60	22,30	21,67	14,47	43,93	38,28	45,86	44,73
	06:00	23,29	24,50	22,21	21,41	14,22	44,81	39,14	47,06	46,75
	07:00	23,62	24,39	22,03	21,84	15,29	43,07	38,92	46,36	46,24
	08:00	23,41	24,00	21,41	21,37	14,97	40,97	36,85	44,05	42,64
	09:00	23,02	23,91	21,28	20,90	15,10	38,73	36,43	41,56	40,22
	10:00	22,71	23,51	21,13	20,65	15,58	35,93	33,25	39,62	40,72
	11:00	22,57	23,58	21,45	20,93	15,54	35,59	33,21	39,56	40,92
	12:00	22,49	23,63	22,12	21,47	15,96	33,71	32,05	38,68	37,82
	13:00	22,68	23,48	22,50	21,96	16,52	33,43	29,82	35,58	34,55
	14:00	22,81	23,32	22,62	22,10	17,38	33,03	28,85	34,17	32,84
	15:00	23,01	23,06	22,35	22,33	17,56	33,03	28,43	31,69	31,48
	16:00	22,83	23,05	22,27	22,35	17,21	32,01	28,74	31,25	30,68
	17:00	22,71	22,46	22,35	22,35	17,08	32,29	28,36	30,67	30,10
	18:00	22,47	22,77	22,20	22,27	15,64	30,95	28,34	29,97	28,79
	19:00	22,47	22,89	22,39	22,30	14,54	32,43	28,54	32,02	29,76
20:00	21,85	22,32	22,39	22,02	14,20	31,68	28,76	31,33	30,06	
21:00	21,57	22,20	22,19	21,95	13,43	31,71	29,33	30,60	29,60	
22:00	20,92	21,89	22,06	21,91	13,23	30,23	29,15	29,73	28,98	
23:00	19,93	21,32	21,71	21,68	12,84	29,82	27,93	28,76	27,88	
25/08/2012	00:00	20,19	21,27	21,49	21,65	12,47	30,81	28,50	29,00	27,91
	01:00	19,73	21,61	21,74	21,83	12,10	33,31	31,00	30,72	29,44
	02:00	19,41	21,63	21,71	21,83	11,99	33,77	32,58	31,12	29,74
	03:00	18,81	21,23	21,41	21,67	11,69	36,87	32,80	32,10	30,40
	04:00	18,51	21,01	21,19	21,41	10,22	41,93	35,68	35,34	33,36
	05:00	18,22	20,91	21,12	21,30	9,31	41,94	36,69	35,74	33,93
	06:00	17,86	20,65	20,92	21,22	9,19	42,09	36,41	35,63	33,54
	07:00	17,89	20,69	20,92	21,19	9,07	42,89	36,90	36,18	34,18
	08:00	17,48	20,55	20,60	20,98	8,77	43,32	36,79	35,87	33,84
	09:00	18,20	20,26	20,84	21,03	9,08	44,19	39,58	36,66	35,12
	10:00	18,20	19,76	20,74	20,95	9,20	43,82	40,50	37,12	35,89
	11:00	18,58	19,83	20,54	20,86	8,74	44,77	41,02	38,35	36,23
	12:00	18,77	20,14	20,86	20,93	9,25	44,60	40,52	38,56	36,66
	13:00	18,74	20,18	20,83	20,84	9,63	44,62	41,06	38,49	36,97
	14:00	19,29	20,32	20,76	20,94	9,94	47,93	42,08	39,93	37,97
	15:00	19,56	20,42	20,23	20,82	10,45	47,56	41,72	41,38	38,84
	16:00	19,96	20,68	20,61	20,81	10,64	46,95	41,41	42,74	40,15
	17:00	20,06	20,64	19,65	20,15	10,40	47,47	40,72	44,29	39,91
18:00	19,89	20,77	20,37	20,45	10,10	49,37	41,51	45,26	41,18	

Continua

Dia	Hora	Temperatura do ar (Ta) °C					Umidade relativa do ar (UR) %			
		QL1	QL2	QO1	QO2	Externa	QL1	QL2	QO1	QO2
25/08/2012	19:00	20,15	20,82	20,76	20,70	10,38	49,23	41,39	43,06	39,97
	20:00	20,19	20,82	20,50	20,64	10,48	47,45	41,07	42,75	40,55
	21:00	20,14	20,82	20,14	20,57	10,54	49,30	41,73	43,71	41,71
	22:00	20,19	20,82	19,86	20,49	10,53	51,37	43,19	44,95	42,36
	23:00	20,15	20,82	19,84	20,33	10,79	49,91	41,98	44,78	42,31
26/08/2012	00:00	20,05	20,82	19,80	20,24	11,43	47,95	42,09	44,98	42,58
	01:00	20,19	20,82	19,94	20,22	11,16	48,72	41,82	45,83	43,10
	02:00	20,19	20,75	19,93	19,89	10,98	50,39	41,31	45,26	42,11
	03:00	20,19	20,61	19,92	19,71	10,75	50,93	41,10	45,06	42,93
	04:00	20,16	20,57	19,18	19,63	10,66	48,74	40,88	45,38	43,60
	05:00	20,04	20,57	18,88	19,78	10,67	46,76	41,48	45,87	45,30
	06:00	20,00	20,49	18,65	19,62	10,85	45,29	41,14	46,38	45,05
	07:00	20,01	20,38	18,09	19,10	10,82	44,99	40,51	47,57	44,47
	08:00	20,06	20,21	18,47	19,28	11,61	45,77	41,64	47,24	47,30
	09:00	20,28	20,29	18,45	19,24	13,39	45,91	44,20	47,64	46,82
	10:00	19,93	20,47	19,33	19,75	14,67	44,89	43,25	48,63	46,13
	11:00	19,50	20,21	19,82	19,99	14,70	43,23	43,07	49,58	46,33
	12:00	19,71	20,06	19,98	20,06	15,49	43,73	41,67	47,18	44,29
	13:00	19,60	20,06	20,00	20,06	16,54	42,45	41,65	45,18	42,57
	14:00	19,59	20,13	20,14	20,06	16,18	42,81	42,05	45,44	43,29
	15:00	19,81	20,17	20,33	20,21	16,88	42,88	41,79	45,57	43,12
	16:00	19,82	20,22	20,15	20,40	16,97	42,03	41,67	42,99	41,90
	17:00	19,97	20,16	19,33	20,10	16,92	42,37	40,60	43,72	40,34
	18:00	20,27	20,41	20,11	20,37	15,47	46,06	45,17	48,75	43,87
	19:00	20,19	20,44	20,00	20,37	14,44	45,65	44,41	46,02	42,79
	20:00	20,19	20,57	20,01	20,13	14,84	45,28	43,26	45,84	42,61
	21:00	20,10	20,51	20,15	20,26	14,20	44,68	43,10	47,18	44,30
	22:00	19,59	20,33	20,19	20,44	13,64	45,09	45,41	47,91	44,81
23:00	19,42	20,19	20,30	20,42	12,83	47,83	46,13	49,51	44,24	
27/08/2012	00:00	19,41	20,18	20,19	20,43	12,34	49,48	47,93	52,76	45,25
	01:00	19,18	19,95	20,19	20,35	11,40	48,62	46,45	53,00	44,32
	02:00	18,89	19,64	20,19	20,22	10,93	47,02	45,97	52,62	43,47
	03:00	18,85	19,79	20,18	20,29	11,25	48,42	48,24	50,73	43,33
	04:00	19,10	20,00	20,19	20,19	11,39	49,59	48,90	50,83	43,97
	05:00	19,12	19,86	20,20	20,19	11,29	50,65	48,69	51,30	44,11
	06:00	19,07	19,64	20,10	20,19	11,18	50,79	47,22	50,58	43,74
	07:00	18,84	19,57	19,97	20,19	11,42	48,31	46,30	47,55	43,49
	08:00	18,86	19,58	20,02	20,22	11,81	49,08	47,60	46,90	43,43
	09:00	18,80	19,46	19,82	20,26	12,78	50,00	48,64	46,66	44,05
	10:00	18,69	19,42	19,81	20,38	14,22	48,94	48,22	48,45	46,61
	11:00	18,74	19,28	19,88	20,40	15,12	49,95	47,77	49,73	46,51
	12:00	18,67	19,34	19,86	20,36	15,58	51,81	49,21	50,14	46,58
	13:00	18,75	19,44	19,95	20,36	17,11	50,25	49,04	49,25	46,01
	14:00	19,24	19,60	19,96	20,51	17,85	50,55	49,12	50,00	45,85
15:00	19,76	19,88	20,16	20,43	20,38	50,93	50,80	49,72	47,90	

## Continuação

Dia	Hora	Temperatura do ar (Ta) °C					Umidade relativa do ar (UR) %			
		QL1	QL2	QO1	QO2	Externa	QL1	QL2	QO1	QO2
27/08/2012	16:00	19,99	19,43	20,33	20,27	19,51	50,27	50,08	49,16	46,98
	17:00	19,91	19,19	20,61	20,45	19,06	49,47	51,27	50,17	47,26
	18:00	19,68	19,74	20,70	20,83	17,60	49,98	52,14	52,55	46,27
	19:00	19,24	20,04	20,62	20,53	16,06	52,21	52,20	51,19	47,99
	20:00	18,94	19,80	20,39	20,30	14,48	56,38	52,71	52,00	49,67
	21:00	19,10	19,69	20,60	20,39	13,71	58,77	53,71	53,20	50,69
	22:00	19,04	19,64	20,49	20,44	13,08	54,74	55,07	51,94	50,86
	23:00	19,04	19,38	20,44	20,32	12,28	55,57	54,60	54,90	47,42
28/08/2012	00:00	19,01	19,11	20,44	20,19	11,80	55,27	53,19	54,90	46,63
	01:00	18,66	18,90	20,44	20,19	11,75	53,46	53,14	55,14	46,57
	02:00	18,66	18,91	20,44	20,19	11,88	54,95	54,03	54,55	47,36
	03:00	18,66	18,91	20,44	20,19	12,14	56,71	55,39	55,52	47,70
	04:00	18,66	19,04	20,25	20,19	12,58	58,56	58,44	52,41	48,42
	05:00	18,66	19,04	20,06	20,19	12,58	58,91	59,71	52,28	49,36
	06:00	18,66	19,04	20,07	20,19	12,64	59,49	59,91	53,16	50,37
	07:00	18,41	19,04	20,15	20,19	12,72	58,62	59,90	53,79	50,97
	08:00	18,66	19,04	20,05	20,19	13,24	59,15	60,13	55,20	52,57
	09:00	18,53	19,04	19,66	20,10	14,12	63,35	62,09	57,94	54,29
	10:00	18,38	18,95	19,46	19,96	14,93	65,38	64,00	59,98	56,16
	11:00	18,28	18,92	19,79	20,17	16,45	62,77	62,33	59,15	56,36
	12:00	18,51	18,91	19,93	20,19	17,60	60,56	60,43	57,97	54,64
	13:00	18,75	19,02	20,02	20,19	19,08	59,23	59,93	56,65	53,68
	14:00	18,85	19,08	20,27	20,20	20,19	56,24	57,96	54,30	51,70
	15:00	19,08	19,33	20,41	20,34	21,54	55,61	56,26	54,92	50,91
	16:00	19,23	19,40	20,56	20,52	21,56	57,26	55,40	54,90	51,70
	17:00	19,23	19,28	20,54	20,75	20,82	58,46	56,40	55,17	51,94
	18:00	19,14	19,23	20,53	20,72	18,86	58,93	57,95	57,01	53,58
	19:00	18,82	19,05	20,32	20,38	16,11	60,24	58,73	57,14	53,70
	20:00	18,66	18,75	20,24	20,22	15,24	61,73	59,12	56,58	53,94
	21:00	18,36	18,63	20,04	20,25	14,61	62,29	59,75	56,58	53,65
	22:00	18,19	18,29	19,92	20,19	13,97	62,85	60,18	56,96	53,52
23:00	17,95	18,25	19,88	20,17	13,34	63,55	61,09	57,07	53,47	
29/08/2012	00:00	17,96	18,11	19,93	19,97	12,90	64,12	60,98	56,59	53,39
	01:00	18,27	18,50	19,93	20,06	12,04	62,03	60,35	55,26	52,15
	02:00	18,27	18,53	19,95	20,06	11,08	61,93	60,37	54,14	50,44
	03:00	18,27	18,53	19,93	20,06	10,59	63,05	60,61	52,52	48,93
	04:00	18,39	18,58	19,93	20,06	10,95	64,86	61,79	50,99	48,50
	05:00	18,23	18,60	19,91	20,06	11,76	62,87	62,20	52,01	50,64
	06:00	17,90	18,50	19,93	20,06	11,86	62,34	62,01	53,16	52,42
	07:00	17,93	18,46	19,93	20,02	11,83	62,93	61,09	55,05	53,49
	08:00	18,05	18,46	19,82	20,00	12,26	63,29	61,03	55,18	53,81
	09:00	17,85	18,16	19,51	19,74	13,36	62,64	60,28	55,48	52,66
	10:00	17,56	18,20	19,53	19,88	14,67	62,23	64,20	57,08	53,99
11:00	18,25	18,50	19,74	20,09	17,63	63,61	65,01	59,67	57,58	

## Continuação

Dia	Hora	Temperatura do ar (Ta) °C					Umidade relativa do ar (UR) %			
		QL1	QL2	QO1	QO2	Externa	QL1	QL2	QO1	QO2
29/08/2012	12:00	18,88	18,93	19,92	20,13	20,43	65,89	64,82	61,80	57,94
	13:00	19,08	19,04	20,09	20,13	20,93	64,59	64,60	61,49	57,86
	14:00	19,04	19,16	20,22	20,21	22,07	65,49	64,91	61,82	58,70
	15:00	19,49	19,32	20,66	20,43	24,04	69,09	64,88	60,69	58,38
	16:00	19,86	19,42	20,97	20,54	24,97	66,49	63,54	60,77	58,73
	17:00	19,72	19,45	21,27	20,69	24,66	66,08	63,95	60,77	58,89
	18:00	19,79	19,49	21,27	20,90	22,45	65,26	64,87	60,50	58,71
	19:00	19,62	19,42	20,81	20,60	19,35	65,77	65,77	62,50	60,67
	20:00	19,62	19,42	20,70	20,59	17,85	67,53	66,37	64,08	61,48
	21:00	19,62	19,39	20,64	20,75	16,29	69,79	66,74	63,76	61,45
	22:00	19,46	19,41	20,43	20,77	15,42	70,99	67,80	62,92	61,20
	23:00	19,45	19,34	20,07	20,65	14,69	69,03	66,94	62,00	59,81
	30/08/2012	00:00	19,42	19,42	19,91	20,44	14,55	66,53	64,64	62,39
01:00		19,42	19,42	20,22	20,52	14,29	67,30	64,66	61,53	58,71
02:00		19,42	19,42	20,38	20,53	13,73	68,21	65,57	59,70	57,36
03:00		19,42	19,42	20,43	20,57	13,62	66,73	65,97	58,86	56,58
04:00		19,42	19,42	20,34	20,57	13,31	66,37	66,56	56,66	54,83
05:00		19,19	19,42	20,07	20,43	13,13	67,27	67,11	55,54	53,55
06:00		18,99	19,32	19,93	20,19	13,10	64,91	65,05	55,76	52,64
07:00		18,82	19,15	19,82	19,92	12,95	62,71	64,54	55,30	52,51
08:00		19,54	19,44	19,84	19,89	15,98	60,83	63,55	55,39	52,57
09:00		20,04	19,70	20,10	20,22	20,34	61,87	62,02	60,68	58,09
10:00		20,04	20,35	20,47	20,59	24,98	65,45	63,07	63,31	60,40
11:00		20,18	20,71	21,36	20,95	26,51	67,97	62,57	61,11	60,00
12:00		20,35	20,90	21,85	21,31	25,54	68,91	64,70	62,57	62,67
13:00		20,38	20,84	21,79	21,21	25,09	69,30	67,13	62,39	62,12
14:00		20,46	20,82	21,63	21,21	25,39	69,98	67,66	64,14	64,15
15:00		20,94	20,82	21,79	21,43	26,16	71,43	68,29	64,98	64,62
16:00		21,62	20,82	22,08	21,58	26,41	68,23	69,31	65,50	65,10
17:00		21,90	20,82	22,12	21,63	25,53	66,19	69,75	65,21	65,80
18:00		21,94	20,94	22,14	21,84	24,11	68,36	70,93	66,92	66,13
19:00		21,43	20,95	21,92	21,75	21,82	70,43	70,57	68,39	66,19
20:00		21,08	20,95	21,92	21,71	20,21	73,92	71,81	70,26	67,55
21:00		20,99	20,98	21,90	21,71	18,67	73,87	72,58	70,63	68,33
22:00		20,86	20,97	21,90	21,71	17,97	73,39	72,93	70,89	68,52
23:00	20,58	20,95	21,87	21,67	17,30	73,65	72,10	70,00	67,49	

## Apêndice B – Valores obtidos de PMV e PPD

Tabela 18 – Valores de PMV e PPD de verão –  $V_o = 0,22$  m/s.

	Hora	Ta (°C)	Trm (°C)	Va (m/s)	UR (%)	TM (W/m <sup>2</sup> )	I <sub>cl</sub> (clo)	PMV	PPD (%)
QL1 - 12/3/2012	00:00	27,06	27,06	0,22	60,34	40,00	1,36	0,90	11,10
	01:00	26,82	26,82	0,22	59,37	40,00	1,36	0,70	9,30
	02:00	26,20	26,20	0,22	58,09	40,00	1,36	0,50	6,40
	03:00	25,61	25,61	0,22	58,11	40,00	1,36	0,20	4,30
	04:00	25,71	25,71	0,22	61,88	40,00	1,36	0,30	4,90
	05:00	25,80	25,80	0,22	61,93	40,00	1,36	0,40	5,20
	06:00	25,56	25,56	0,22	64,29	40,00	1,36	0,30	4,70
	07:00	25,85	25,85	0,22	65,27	60,00	1,03	0,70	15,10
	08:00	26,56	26,56	0,22	63,10	60,00	1,03	0,90	19,70
	09:00	27,60	27,60	0,22	59,96	60,00	1,03	1,20	27,50
	10:00	28,43	28,43	0,22	55,16	60,00	1,03	1,30	34,10
	11:00	29,61	29,61	0,22	51,76	60,00	1,03	1,70	45,40
	12:00	30,08	30,08	0,22	52,69	60,00	1,03	1,80	51,20
	13:00	30,36	30,36	0,22	45,93	60,00	1,03	1,90	51,40
	14:00	31,00	31,00	0,22	39,98	60,00	1,03	2,00	55,10
	15:00	31,45	31,45	0,22	36,11	60,00	1,03	2,10	58,60
	16:00	31,34	31,34	0,22	35,49	60,00	1,03	2,00	56,30
	17:00	31,23	31,23	0,22	35,61	60,00	1,03	2,00	55,40
	18:00	30,97	30,97	0,22	36,89	60,00	1,03	1,90	53,70
	19:00	30,70	30,70	0,22	46,98	60,00	1,03	2,00	55,10
	20:00	30,17	30,17	0,22	54,96	60,00	1,03	1,90	53,30
	21:00	29,58	29,58	0,22	56,47	60,00	1,03	1,70	47,50
	22:00	28,80	28,80	0,22	58,47	40,00	1,36	1,50	23,30
23:00	28,91	28,91	0,22	56,39	40,00	1,36	1,50	23,60	
QL2 - 12/3/2012	00:00	27,28	27,28	0,22	63,70	40,00	1,36	1,00	12,90
	01:00	27,09	27,09	0,22	64,83	40,00	1,36	0,90	11,80
	02:00	26,71	26,71	0,22	66,98	40,00	1,36	0,80	9,80
	03:00	26,40	26,40	0,22	67,79	40,00	1,36	0,70	8,30
	04:00	26,52	26,52	0,22	67,93	40,00	1,36	0,70	8,80
	05:00	26,57	26,57	0,22	68,66	40,00	1,36	0,80	9,50
	06:00	26,24	26,24	0,22	70,20	40,00	1,36	0,60	7,70
	07:00	26,36	26,36	0,22	69,46	60,00	1,03	0,90	19,90
	08:00	26,64	26,64	0,22	69,87	60,00	1,03	1,00	21,70
	09:00	27,22	27,22	0,22	68,50	60,00	1,03	1,10	26,70
	10:00	28,14	28,14	0,22	64,78	60,00	1,03	1,30	34,80
	11:00	29,18	29,18	0,22	59,30	60,00	1,03	1,60	44,40
	12:00	29,86	29,86	0,22	56,61	60,00	1,03	1,80	50,80
	13:00	30,10	30,10	0,22	58,96	60,00	1,03	1,90	54,20
	14:00	30,81	30,81	0,22	56,73	60,00	1,03	2,10	60,80
15:00	31,44	31,44	0,22	51,14	60,00	1,03	2,20	64,60	

## Continua

	Hora	Ta (°C)	Trm (°C)	Va (m/s)	UR (%)	TM (W/m <sup>2</sup> )	I <sub>cl</sub> (clo)	PMV	PPD (%)
QL2 - 12/3/2012	16:00	31,67	31,67	0,22	47,02	60,00	1,03	2,20	65,80
	17:00	31,51	31,51	0,22	42,50	60,00	1,03	2,10	61,60
	18:00	31,23	31,23	0,22	48,79	60,00	1,03	2,10	61,30
	19:00	30,92	30,92	0,22	53,18	60,00	1,03	2,10	60,20
	20:00	30,04	30,04	0,22	57,46	60,00	1,03	1,80	52,30
	21:00	29,62	29,62	0,22	61,83	60,00	1,03	1,80	50,00
	22:00	28,98	28,98	0,22	66,17	40,00	1,36	1,70	27,20
	23:00	28,90	28,90	0,22	65,87	40,00	1,36	1,60	26,20
QO1 - 12/3/2012	00:00	27,79	27,79	0,22	57,07	40,00	1,36	1,10	15,00
	01:00	27,62	27,62	0,22	56,34	40,00	1,36	1,00	13,50
	02:00	27,47	27,47	0,22	53,34	40,00	1,36	0,90	12,40
	03:00	27,08	27,08	0,22	52,40	40,00	1,36	0,80	9,90
	04:00	27,22	27,22	0,22	53,93	40,00	1,36	0,80	10,80
	05:00	27,33	27,33	0,22	54,80	40,00	1,36	0,90	11,50
	06:00	27,17	27,17	0,22	56,75	40,00	1,36	0,90	11,10
	07:00	26,92	26,92	0,22	59,00	60,00	1,03	0,90	21,00
	08:00	26,93	26,93	0,22	60,19	60,00	1,03	0,90	21,30
	09:00	27,33	27,33	0,22	60,70	60,00	1,03	1,10	25,00
	10:00	27,91	27,91	0,22	58,00	60,00	1,03	1,20	29,90
	11:00	28,76	28,76	0,22	56,44	60,00	1,03	1,50	38,80
	12:00	29,59	29,59	0,22	56,04	60,00	1,03	1,70	47,30
	13:00	30,77	30,77	0,22	44,31	60,00	1,03	2,00	54,90
	14:00	31,40	31,40	0,22	37,86	60,00	1,03	2,10	58,30
	15:00	32,29	32,29	0,22	33,47	60,00	1,03	2,30	65,80
	16:00	32,58	32,58	0,22	32,94	60,00	1,03	2,30	68,70
	17:00	32,46	32,46	0,22	33,13	60,00	1,03	2,30	67,80
	18:00	31,98	31,98	0,22	35,48	60,00	1,03	2,20	63,60
	19:00	30,99	30,99	0,22	46,99	60,00	1,03	2,10	58,20
	20:00	30,34	30,34	0,22	53,90	60,00	1,03	1,90	53,90
	21:00	29,96	29,96	0,22	55,22	60,00	1,03	1,80	51,30
	22:00	29,61	29,61	0,22	55,15	40,00	1,36	1,70	30,20
23:00	29,54	29,54	0,22	53,82	40,00	1,36	1,70	28,60	
QO2 - 12/3/2012	00:00	27,99	27,99	0,22	54,56	40,00	1,36	1,10	16,00
	01:00	27,78	27,78	0,22	53,70	40,00	1,36	1,00	14,50
	02:00	27,47	27,47	0,22	51,00	40,00	1,36	0,90	12,00
	03:00	26,96	26,96	0,22	50,21	40,00	1,36	0,70	9,20
	04:00	27,38	27,38	0,22	50,18	40,00	1,36	0,80	11,30
	05:00	27,58	27,58	0,22	51,56	40,00	1,36	0,90	12,70
	06:00	27,27	27,27	0,22	53,49	40,00	1,36	0,80	11,30
	07:00	27,06	27,06	0,22	56,22	60,00	1,03	1,00	21,90
	08:00	26,89	26,89	0,22	58,10	60,00	1,03	0,90	20,80
	09:00	27,24	27,24	0,22	58,86	60,00	1,03	1,00	23,50
10:00	27,98	27,98	0,22	55,44	60,00	1,03	1,20	29,90	

## Continuação

	Hora	Ta (°C)	Trm (°C)	Va (m/s)	UR (%)	TM (W/m <sup>2</sup> )	I <sub>cl</sub> (clo)	PMV	PPD (%)
QO2 - 12/3/2012	11:00	28,87	28,87	0,22	53,68	60,00	1,03	1,50	38,80
	12:00	29,58	29,58	0,22	53,40	60,00	1,03	1,70	46,10
	13:00	30,62	30,62	0,22	42,57	60,00	1,03	1,90	52,10
	14:00	31,68	31,68	0,22	35,60	60,00	1,03	2,10	60,50
	15:00	32,78	32,78	0,22	31,01	60,00	1,03	2,10	70,00
	16:00	33,33	33,33	0,22	29,96	60,00	1,03	2,50	74,70
	17:00	33,39	33,39	0,22	29,92	60,00	1,03	2,50	75,70
	18:00	33,09	33,09	0,22	30,72	60,00	1,03	2,50	72,90
	19:00	31,90	31,90	0,22	42,81	60,00	1,03	2,30	65,90
	20:00	31,16	31,16	0,22	49,22	60,00	1,03	2,10	61,50
	21:00	30,68	30,68	0,22	50,57	60,00	1,03	2,00	56,70
	22:00	30,08	30,08	0,22	51,56	40,00	1,36	1,90	34,50
	23:00	30,05	30,05	0,22	50,05	40,00	1,36	1,90	34,00
MÉDIA DO PAVIMENTO - 12/3/2012	00:00	27,53	27,53	0,22	58,92	40,00	1,36	1,00	13,40
	01:00	27,33	27,33	0,22	58,56	40,00	1,36	0,90	12,00
	02:00	26,97	26,97	0,22	57,35	40,00	1,36	0,80	10,10
	03:00	26,51	26,51	0,22	57,13	40,00	1,36	0,60	7,60
	04:00	26,71	26,71	0,22	58,48	40,00	1,36	0,70	8,70
	05:00	26,82	26,82	0,22	59,24	40,00	1,36	0,70	9,30
	06:00	26,56	26,56	0,22	61,18	40,00	1,36	0,70	8,50
	07:00	26,55	26,55	0,22	62,49	60,00	1,03	0,90	19,50
	08:00	26,76	26,76	0,22	62,82	60,00	1,03	0,90	23,10
	09:00	27,34	27,34	0,22	62,01	60,00	1,03	1,10	25,30
	10:00	28,12	28,12	0,22	58,34	60,00	1,03	1,30	32,10
	11:00	29,10	29,10	0,22	55,30	60,00	1,03	1,50	41,60
	12:00	29,78	29,78	0,22	54,69	60,00	1,03	1,80	48,80
	13:00	30,46	30,46	0,22	47,94	60,00	1,03	1,90	53,30
	14:00	31,22	31,22	0,22	42,54	60,00	1,03	2,10	58,30
	15:00	31,99	31,99	0,22	37,93	60,00	1,03	2,20	64,70
	16:00	32,23	32,23	0,22	36,35	60,00	1,03	2,30	66,20
	17:00	32,15	32,15	0,22	35,29	60,00	1,03	2,30	65,60
	18:00	31,82	31,82	0,22	37,97	60,00	1,03	2,20	62,70
	19:00	31,13	31,13	0,22	47,49	60,00	1,03	2,10	60,70
	20:00	30,43	30,43	0,22	53,88	60,00	1,03	1,90	55,00
	21:00	29,96	29,96	0,22	56,02	60,00	1,03	1,80	51,60
	22:00	29,36	29,36	0,22	57,84	40,00	1,36	1,70	28,90
23:00	29,35	29,35	0,22	56,53	40,00	1,36	1,70	28,40	

Tabela 19 – Valores de PMV e PPD de verão –  $V_o = 0,44$  m/s.

	Hora	Ta (°C)	Trm (°C)	Va (m/s)	UR (%)	TM (W/m <sup>2</sup> )	I <sub>cl</sub> (clo)	PMV	PPD (%)
QL1 - 12/3/2012	00:00	27,06	27,06	0,44	60,34	40,00	1,36	0,70	6,80
	01:00	26,82	26,82	0,44	59,37	40,00	1,36	0,60	5,40
	02:00	26,20	26,20	0,44	58,09	40,00	1,36	0,30	3,50
	03:00	25,61	25,61	0,44	58,11	40,00	1,36	0,10	5,60
	04:00	25,71	25,71	0,44	61,88	40,00	1,36	0,10	4,70
	05:00	25,80	25,80	0,44	61,93	40,00	1,36	0,20	4,30
	06:00	25,56	25,56	0,44	64,29	40,00	1,36	0,10	4,80
	07:00	25,85	25,85	0,44	65,27	60,00	1,03	0,60	8,00
	08:00	26,56	26,56	0,44	63,10	60,00	1,03	0,80	11,50
	09:00	27,60	27,60	0,44	59,96	60,00	1,03	1,10	18,00
	10:00	28,43	28,43	0,44	55,16	60,00	1,03	1,30	23,40
	11:00	29,61	29,61	0,44	51,76	60,00	1,03	1,60	34,90
	12:00	30,08	30,08	0,44	52,69	60,00	1,03	1,80	41,00
	13:00	30,36	30,36	0,44	45,93	60,00	1,03	1,80	41,20
	14:00	31,00	31,00	0,44	39,98	60,00	1,03	1,90	45,10
	15:00	31,45	31,45	0,44	36,11	60,00	1,03	2,00	48,90
	16:00	31,34	31,34	0,44	35,49	60,00	1,03	2,00	46,40
	17:00	31,23	31,23	0,44	35,61	60,00	1,03	1,90	45,30
	18:00	30,97	30,97	0,44	36,89	60,00	1,03	1,90	43,70
	19:00	30,70	30,70	0,44	46,98	60,00	1,03	1,90	45,20
	20:00	30,17	30,17	0,44	54,96	60,00	1,03	1,80	43,30
	21:00	29,58	29,58	0,44	56,47	60,00	1,03	1,70	37,10
	22:00	28,80	28,80	0,44	58,47	40,00	1,36	1,40	17,20
23:00	28,91	28,91	0,44	56,39	40,00	1,36	1,40	17,50	
QL2 - 12/3/2012	00:00	27,28	27,28	0,44	63,70	40,00	1,36	0,80	8,20
	01:00	27,09	27,09	0,44	64,83	40,00	1,36	0,80	7,40
	02:00	26,71	26,71	0,44	66,98	40,00	1,36	0,60	5,80
	03:00	26,40	26,40	0,44	67,79	40,00	1,36	0,50	4,80
	04:00	26,52	26,52	0,44	67,93	40,00	1,36	0,60	5,10
	05:00	26,57	26,57	0,44	68,66	40,00	1,36	0,60	5,60
	06:00	26,24	26,24	0,44	70,20	40,00	1,36	0,50	4,30
	07:00	26,36	26,36	0,44	69,46	60,00	1,03	0,70	11,00
	08:00	26,64	26,64	0,44	69,87	60,00	1,03	0,80	13,10
	09:00	27,22	27,22	0,44	68,50	60,00	1,03	1,00	17,30
	10:00	28,14	28,14	0,44	64,78	60,00	1,03	1,30	24,10
	11:00	29,18	29,18	0,44	59,30	60,00	1,03	1,60	33,80
	12:00	29,86	29,86	0,44	56,61	60,00	1,03	1,80	40,70
	13:00	30,10	30,10	0,44	58,96	60,00	1,03	1,80	44,20
	14:00	30,81	30,81	0,44	56,73	60,00	1,03	2,00	51,20
	15:00	31,44	31,44	0,44	51,14	60,00	1,03	2,20	55,30
	16:00	31,67	31,67	0,44	47,02	60,00	1,03	2,20	56,70
	17:00	31,51	31,51	0,44	42,50	60,00	1,03	2,10	52,00
	18:00	31,23	31,23	0,44	48,79	60,00	1,03	2,10	51,80
19:00	30,92	30,92	0,44	53,18	60,00	1,03	2,00	50,70	

Continua

	Hora	Ta (°C)	Trm (°C)	Va (m/s)	UR (%)	TM (W/m <sup>2</sup> )	I <sub>cl</sub> (clo)	PMV	PPD (%)
QL2 - 12/3/2012	20:00	30,04	30,04	0,44	57,46	60,00	1,03	1,80	42,30
	21:00	29,62	29,62	0,44	61,83	60,00	1,03	1,70	39,60
	22:00	28,98	28,98	0,44	66,17	40,00	1,36	1,60	21,00
	23:00	28,90	28,90	0,44	65,87	40,00	1,36	1,50	20,00
QO1 - 12/3/2012	00:00	27,79	27,79	0,44	57,07	40,00	1,36	1,00	9,90
	01:00	27,62	27,62	0,44	56,34	40,00	1,36	0,90	8,70
	02:00	27,47	27,47	0,44	53,34	40,00	1,36	0,80	7,70
	03:00	27,08	27,08	0,44	52,40	40,00	1,36	0,60	5,80
	04:00	27,22	27,22	0,44	53,93	40,00	1,36	0,70	6,40
	05:00	27,33	27,33	0,44	54,80	40,00	1,36	0,70	7,00
	06:00	27,17	27,17	0,44	56,75	40,00	1,36	0,70	6,80
	07:00	26,92	26,92	0,44	59,00	60,00	1,03	0,80	12,60
	08:00	26,93	26,93	0,44	60,19	60,00	1,03	0,80	12,90
	09:00	27,33	27,33	0,44	60,70	60,00	1,03	1,00	15,80
	10:00	27,91	27,91	0,44	58,00	60,00	1,03	1,10	19,90
	11:00	28,76	28,76	0,44	56,44	60,00	1,03	1,40	27,80
	12:00	29,59	29,59	0,44	56,04	60,00	1,03	1,70	36,80
	13:00	30,77	30,77	0,44	44,31	60,00	1,03	1,90	45,00
	14:00	31,40	31,40	0,44	37,86	60,00	1,03	2,00	48,60
	15:00	32,29	32,29	0,44	33,47	60,00	1,03	2,20	56,60
	16:00	32,58	32,58	0,44	32,94	60,00	1,03	2,30	59,60
	17:00	32,46	32,46	0,44	33,13	60,00	1,03	2,30	58,60
	18:00	31,98	31,98	0,44	35,48	60,00	1,03	2,20	54,10
	19:00	30,99	30,99	0,44	46,99	60,00	1,03	2,00	48,60
	20:00	30,34	30,34	0,44	53,90	60,00	1,03	1,90	43,90
	21:00	29,96	29,96	0,44	55,22	60,00	1,03	1,80	41,10
	22:00	29,61	29,61	0,44	55,15	40,00	1,36	1,70	23,30
23:00	29,54	29,54	0,44	53,82	40,00	1,36	1,60	22,00	
QO2 - 12/3/2012	00:00	27,99	27,99	0,44	54,56	40,00	1,36	1,00	10,70
	01:00	27,78	27,78	0,44	53,70	40,00	1,36	0,90	9,40
	02:00	27,47	27,47	0,44	51,00	40,00	1,36	0,70	7,40
	03:00	26,96	26,96	0,44	50,21	40,00	1,36	0,50	5,20
	04:00	27,38	27,38	0,44	50,18	40,00	1,36	0,70	6,90
	05:00	27,58	27,58	0,44	51,56	40,00	1,36	0,80	8,00
	06:00	27,27	27,27	0,44	53,49	40,00	1,36	0,70	6,80
	07:00	27,06	27,06	0,44	56,22	60,00	1,03	0,90	13,30
	08:00	26,89	26,89	0,44	58,10	60,00	1,03	0,80	12,40
	09:00	27,24	27,24	0,44	58,86	60,00	1,03	0,90	14,60
	10:00	27,98	27,98	0,44	55,44	60,00	1,03	1,20	20,00
	11:00	28,87	28,87	0,44	53,68	60,00	1,03	1,40	27,80
	12:00	29,58	29,58	0,44	53,40	60,00	1,03	1,60	35,60
	13:00	30,62	30,62	0,44	42,57	60,00	1,03	1,80	41,90
14:00	31,68	31,68	0,44	35,60	60,00	1,03	2,10	50,90	

## Continuação

	Hora	Ta (°C)	Trm (°C)	Va (m/s)	UR (%)	TM (W/m <sup>2</sup> )	I <sub>cl</sub> (clo)	PMV	PPD (%)
QO2 - 12/3/2012	15:00	32,78	32,78	0,44	31,01	60,00	1,03	2,40	60,90
	16:00	33,33	33,33	0,44	29,96	60,00	1,03	2,50	66,00
	17:00	33,39	33,39	0,44	29,92	60,00	1,03	2,50	67,00
	18:00	33,09	33,09	0,44	30,72	60,00	1,03	2,50	64,00
	19:00	31,90	31,90	0,44	42,81	60,00	1,03	2,20	56,70
	20:00	31,16	31,16	0,44	49,22	60,00	1,03	2,10	52,00
	21:00	30,68	30,68	0,44	50,57	60,00	1,03	1,90	47,00
	22:00	30,08	30,08	0,44	51,56	40,00	1,36	1,80	27,10
	23:00	30,05	30,05	0,44	50,05	40,00	1,36	1,80	26,60
MÉDIA DO PAVIMENTO - 12/3/2012	00:00	27,53	27,53	0,44	58,92	40,00	1,36	0,90	8,60
	01:00	27,33	27,33	0,44	58,56	40,00	1,36	0,80	7,50
	02:00	26,97	26,97	0,44	57,35	40,00	1,36	0,60	6,00
	03:00	26,51	26,51	0,44	57,13	40,00	1,36	0,40	4,20
	04:00	26,71	26,71	0,44	58,48	40,00	1,36	0,50	5,00
	05:00	26,82	26,82	0,44	59,24	40,00	1,36	0,60	5,40
	06:00	26,56	26,56	0,44	61,18	40,00	1,36	0,50	4,80
	07:00	26,55	26,55	0,44	62,49	60,00	1,03	0,80	11,40
	08:00	26,76	26,76	0,44	62,82	60,00	1,03	0,80	12,80
	09:00	27,34	27,34	0,44	62,01	60,00	1,03	1,00	16,20
	10:00	28,12	28,12	0,44	58,34	60,00	1,03	1,20	21,70
	11:00	29,10	29,10	0,44	55,30	60,00	1,03	1,50	30,80
	12:00	29,78	29,78	0,44	54,69	60,00	1,03	1,70	38,60
	13:00	30,46	30,46	0,44	47,94	60,00	1,03	1,90	43,30
	14:00	31,22	31,22	0,44	42,54	60,00	1,03	2,00	48,60
	15:00	31,99	31,99	0,44	37,93	60,00	1,03	2,20	55,30
	16:00	32,23	32,23	0,44	36,35	60,00	1,03	2,20	56,80
	17:00	32,15	32,15	0,44	35,29	60,00	1,03	2,20	56,40
	18:00	31,82	31,82	0,44	37,97	60,00	1,03	2,10	53,20
	19:00	31,13	31,13	0,44	47,49	60,00	1,03	2,00	49,90
	20:00	30,43	30,43	0,44	53,88	60,00	1,03	1,90	45,10
	21:00	29,96	29,96	0,44	56,02	60,00	1,03	1,80	41,50
	22:00	29,36	29,36	0,44	57,84	40,00	1,36	1,60	22,30
23:00	29,35	29,35	0,44	56,53	40,00	1,36	1,60	21,90	

Tabela 20 – Valores de PMV e PPD de verão – Vo = 1,00 m/s.

	Hora	Ta (°C)	Trm (°C)	Va (m/s)	UR (%)	TM (W/m <sup>2</sup> )	I <sub>cl</sub> (clo)	PMV	PPD (%)
QL1 - 12/3/2012	00:00	27,06	27,06	1,00	60,34	40,00	1,36	0,60	3,40
	01:00	26,82	26,82	1,00	59,37	40,00	1,36	0,50	4,50
	02:00	26,20	26,20	1,00	58,09	40,00	1,36	0,20	8,40
	03:00	25,61	25,61	1,00	58,11	40,00	1,36	0,00	14,50
	04:00	25,71	25,71	1,00	61,88	40,00	1,36	0,00	12,20

Continua

	Hora	Ta (°C)	Trm (°C)	Va (m/s)	UR (%)	TM (W/m <sup>2</sup> )	I <sub>cl</sub> (clo)	PMV	PPD (%)
QL1 - 12/3/2012	05:00	25,80	25,80	1,00	61,93	40,00	1,36	0,10	11,10
	06:00	25,56	25,56	1,00	64,29	40,00	1,36	0,00	12,60
	07:00	25,85	25,85	1,00	65,27	60,00	1,03	0,40	3,70
	08:00	26,56	26,56	1,00	63,10	60,00	1,03	0,60	5,20
	09:00	27,60	27,60	1,00	59,96	60,00	1,03	0,90	9,70
	10:00	28,43	28,43	1,00	55,16	60,00	1,03	1,10	14,00
	11:00	29,61	29,61	1,00	51,76	60,00	1,03	1,50	23,60
	12:00	30,08	30,08	1,00	52,69	60,00	1,03	1,70	29,70
	13:00	30,36	30,36	1,00	45,93	60,00	1,03	1,70	29,70
	14:00	31,00	31,00	1,00	39,98	60,00	1,03	1,80	33,90
	15:00	31,45	31,45	1,00	36,11	60,00	1,03	2,00	37,90
	16:00	31,34	31,34	1,00	35,49	60,00	1,03	1,90	35,30
	17:00	31,23	31,23	1,00	35,61	60,00	1,03	1,90	34,10
	18:00	30,97	30,97	1,00	36,89	60,00	1,03	1,80	32,30
19:00	30,70	30,70	1,00	46,98	60,00	1,03	1,80	34,00	
20:00	30,17	30,17	1,00	54,96	60,00	1,03	1,70	32,10	
21:00	29,58	29,58	1,00	56,47	60,00	1,03	1,60	25,70	
22:00	28,80	28,80	1,00	58,47	40,00	1,36	1,30	11,40	
23:00	28,91	28,91	1,00	56,39	40,00	1,36	1,30	11,60	
QL2 - 12/3/2012	00:00	27,28	27,28	1,00	63,70	40,00	1,36	0,70	4,40
	01:00	27,09	27,09	1,00	64,83	40,00	1,36	0,70	3,80
	02:00	26,71	26,71	1,00	66,98	40,00	1,36	0,50	4,00
	03:00	26,40	26,40	1,00	67,79	40,00	1,36	0,40	5,20
	04:00	26,52	26,52	1,00	67,93	40,00	1,36	0,40	4,70
	05:00	26,57	26,57	1,00	68,66	40,00	1,36	0,50	4,20
	06:00	26,24	26,24	1,00	70,20	40,00	1,36	0,30	5,90
	07:00	26,36	26,36	1,00	69,46	60,00	1,03	0,60	5,20
	08:00	26,64	26,64	1,00	69,87	60,00	1,03	0,70	6,20
	09:00	27,22	27,22	1,00	68,50	60,00	1,03	0,90	9,10
	10:00	28,14	28,14	1,00	64,78	60,00	1,03	1,10	14,60
	11:00	29,18	29,18	1,00	59,30	60,00	1,03	1,50	22,70
	12:00	29,86	29,86	1,00	56,61	60,00	1,03	1,70	29,20
	13:00	30,10	30,10	1,00	58,96	60,00	1,03	1,80	33,10
14:00	30,81	30,81	1,00	56,73	60,00	1,03	2,00	40,70	
15:00	31,44	31,44	1,00	51,14	60,00	1,03	2,10	45,10	
16:00	31,67	31,67	1,00	47,02	60,00	1,03	2,20	46,50	
17:00	31,51	31,51	1,00	42,50	60,00	1,03	2,00	41,40	
18:00	31,23	31,23	1,00	48,79	60,00	1,03	2,00	41,20	
19:00	30,92	30,92	1,00	53,18	60,00	1,03	2,00	40,00	
20:00	30,04	30,04	1,00	57,46	60,00	1,03	1,70	31,00	
21:00	29,62	29,62	1,00	61,83	60,00	1,03	1,60	28,30	
22:00	28,98	28,98	1,00	66,17	40,00	1,36	1,50	14,80	
23:00	28,90	28,90	1,00	65,87	40,00	1,36	1,50	13,90	

## Continuação

	Hora	Ta (°C)	Trm (°C)	Va (m/s)	UR (%)	TM (W/m²)	I <sub>cl</sub> (clo)	PMV	PPD (%)
QO1 - 12/3/2012	00:00	27,79	27,79	1,00	57,07	40,00	1,36	0,90	5,50
	01:00	27,62	27,62	1,00	56,34	40,00	1,36	0,80	4,60
	02:00	27,47	27,47	1,00	53,34	40,00	1,36	0,70	4,00
	03:00	27,08	27,08	1,00	52,40	40,00	1,36	0,50	4,10
	04:00	27,22	27,22	1,00	53,93	40,00	1,36	0,60	3,70
	05:00	27,33	27,33	1,00	54,80	40,00	1,36	0,60	3,50
	06:00	27,17	27,17	1,00	56,75	40,00	1,36	0,60	3,40
	07:00	26,92	26,92	1,00	59,00	60,00	1,03	0,70	5,80
	08:00	26,93	26,93	1,00	60,19	60,00	1,03	0,70	6,00
	09:00	27,33	27,33	1,00	60,70	60,00	1,03	0,80	8,10
	10:00	27,91	27,91	1,00	58,00	60,00	1,03	1,00	11,10
	11:00	28,76	28,76	1,00	56,44	60,00	1,03	1,30	17,70
	12:00	29,59	29,59	1,00	56,04	60,00	1,03	1,60	25,40
	13:00	30,77	30,77	1,00	44,31	60,00	1,03	1,80	33,80
	14:00	31,40	31,40	1,00	37,86	60,00	1,03	2,00	37,80
	15:00	32,29	32,29	1,00	33,47	60,00	1,03	2,20	46,10
	16:00	32,58	32,58	1,00	32,94	60,00	1,03	2,30	49,50
	17:00	32,46	32,46	1,00	33,13	60,00	1,03	2,30	48,30
	18:00	31,98	31,98	1,00	35,48	60,00	1,03	2,10	43,70
	19:00	30,99	30,99	1,00	46,99	60,00	1,03	1,90	37,70
	20:00	30,34	30,34	1,00	53,90	60,00	1,03	1,80	32,80
	21:00	29,96	29,96	1,00	55,22	60,00	1,03	1,70	29,70
	22:00	29,61	29,61	1,00	55,15	40,00	1,36	1,60	16,70
23:00	29,54	29,54	1,00	53,82	40,00	1,36	1,50	15,50	
QO2 - 12/3/2012	00:00	27,99	27,99	1,00	54,56	40,00	1,36	0,90	6,10
	01:00	27,78	27,78	1,00	53,70	40,00	1,36	0,80	5,10
	02:00	27,47	27,47	1,00	51,00	40,00	1,36	0,60	3,80
	03:00	26,96	26,96	1,00	50,21	40,00	1,36	0,40	4,80
	04:00	27,38	27,38	1,00	50,18	40,00	1,36	0,60	3,50
	05:00	27,58	27,58	1,00	51,56	40,00	1,36	0,70	4,10
	06:00	27,27	27,27	1,00	53,49	40,00	1,36	0,60	3,50
	07:00	27,06	27,06	1,00	56,22	60,00	1,03	0,70	6,20
	08:00	26,89	26,89	1,00	58,10	60,00	1,03	0,70	5,70
	09:00	27,24	27,24	1,00	58,86	60,00	1,03	0,80	7,20
	10:00	27,98	27,98	1,00	55,44	60,00	1,03	1,00	11,10
	11:00	28,87	28,87	1,00	53,68	60,00	1,03	1,30	17,70
	12:00	29,58	29,58	1,00	53,40	60,00	1,03	1,50	24,30
	13:00	30,62	30,62	1,00	42,57	60,00	1,03	1,70	30,40
	14:00	31,68	31,68	1,00	35,60	60,00	1,03	2,00	40,10
	15:00	32,78	32,78	1,00	31,01	60,00	1,03	2,30	50,80
	16:00	33,33	33,33	1,00	29,96	60,00	1,03	2,50	56,30
	17:00	33,39	33,39	1,00	29,92	60,00	1,03	2,50	57,40
	18:00	33,09	33,09	1,00	30,72	60,00	1,03	2,40	54,20
	19:00	31,90	31,90	1,00	42,81	60,00	1,03	2,20	46,50
	20:00	31,16	31,16	1,00	49,22	60,00	1,03	2,00	41,50
21:00	30,68	30,68	1,00	50,57	60,00	1,03	1,90	36,00	

## Continuação

	Hora	Ta (°C)	Trm (°C)	Va (m/s)	UR (%)	TM (W/m <sup>2</sup> )	I <sub>cl</sub> (clo)	PMV	PPD (%)
MÉDIA DO PAVIMENTO - 12/3/2012	22:00	30,08	30,08	1,00	51,56	40,00	1,36	1,80	20,10
	23:00	30,05	30,05	1,00	50,05	40,00	1,36	1,70	19,60
	00:00	27,53	27,53	1,00	58,92	40,00	1,36	0,80	4,60
	01:00	27,33	27,33	1,00	58,56	40,00	1,36	0,70	3,90
	02:00	26,97	26,97	1,00	57,35	40,00	1,36	0,50	3,90
	03:00	26,51	26,51	1,00	57,13	40,00	1,36	0,30	6,50
	04:00	26,71	26,71	1,00	58,48	40,00	1,36	0,40	5,10
	05:00	26,82	26,82	1,00	59,24	40,00	1,36	0,50	4,50
	06:00	26,56	26,56	1,00	61,18	40,00	1,36	0,40	5,10
	07:00	26,55	26,55	1,00	62,49	60,00	1,03	0,60	4,90
	08:00	26,76	26,76	1,00	62,82	60,00	1,03	0,70	6,00
	09:00	27,34	27,34	1,00	62,01	60,00	1,03	0,80	8,30
	10:00	28,12	28,12	1,00	58,34	60,00	1,03	1,10	12,60
	11:00	29,10	29,10	1,00	55,30	60,00	1,03	1,40	20,10
	12:00	29,78	29,78	1,00	54,69	60,00	1,03	1,60	27,10
	13:00	30,46	30,46	1,00	47,94	60,00	1,03	1,80	32,10
	14:00	31,22	31,22	1,00	42,54	60,00	1,03	1,90	37,70
	15:00	31,99	31,99	1,00	37,93	60,00	1,03	2,10	45,00
	16:00	32,23	32,23	1,00	36,35	60,00	1,03	2,20	46,70
	17:00	32,15	32,15	1,00	35,29	60,00	1,03	2,20	46,00
	18:00	31,82	31,82	1,00	37,97	60,00	1,03	2,10	42,60
	19:00	31,13	31,13	1,00	47,49	60,00	1,03	2,20	39,30
	20:00	30,43	30,43	1,00	53,88	60,00	1,03	1,80	34,10
	21:00	29,96	29,96	1,00	56,02	60,00	1,03	1,70	30,20
22:00	29,36	29,36	1,00	57,84	40,00	1,36	1,60	15,70	
23:00	29,35	29,35	1,00	56,53	40,00	1,36	1,50	15,40	

Tabela 21 – Valores de PMV e PPD de inverno – Vo = 0,10 m/s.

	Hora	Ta (°C)	Trm (°C)	Va (m/s)	UR (%)	TM (W/m <sup>2</sup> )	I <sub>cl</sub> (clo)	PMV	PPD (%)
QL1 - 25/8/2012	00:00	20,19	20,19	0,10	30,81	40,00	2,72	0,10	6,20
	01:00	19,73	19,73	0,10	33,31	40,00	2,72	0,00	5,20
	02:00	19,41	19,41	0,10	33,77	40,00	2,72	0,00	4,70
	03:00	18,81	18,81	0,10	36,87	40,00	2,72	-0,10	3,80
	04:00	18,51	18,51	0,10	41,93	40,00	2,72	-0,10	3,50
	05:00	18,22	18,22	0,10	41,94	40,00	2,72	-0,20	3,80
	06:00	17,86	17,86	0,10	42,09	40,00	2,72	-0,30	4,30
	07:00	17,89	17,89	0,10	42,89	60,00	2,04	0,00	7,40
	08:00	17,48	17,48	0,10	43,32	60,00	2,04	0,00	6,40
	09:00	18,20	18,20	0,10	44,19	60,00	2,04	0,00	8,20
	10:00	18,20	18,20	0,10	43,82	60,00	2,04	0,00	8,20
	11:00	18,58	18,58	0,10	44,77	60,00	2,04	0,10	9,40
	12:00	18,77	18,77	0,10	44,60	60,00	2,04	0,10	10,00
13:00	18,74	18,74	0,10	44,62	60,00	2,04	0,10	9,70	

## Continua

	Hora	Ta (°C)	Trm (°C)	Va (m/s)	UR (%)	TM (W/m <sup>2</sup> )	I <sub>cl</sub> (clo)	PMV	PPD (%)
QL1 - 25/8/2012	14:00	19,29	19,29	0,10	47,93	60,00	2,04	0,20	11,90
	15:00	19,56	19,56	0,10	47,56	60,00	2,04	0,30	13,00
	16:00	19,96	19,96	0,10	46,95	60,00	2,04	0,30	12,90
	17:00	20,06	20,06	0,10	47,47	60,00	2,04	0,40	14,90
	18:00	19,89	19,89	0,10	49,37	60,00	2,04	0,40	14,30
	19:00	20,15	20,15	0,10	49,23	60,00	2,04	0,40	15,50
	20:00	20,19	20,19	0,10	47,45	60,00	2,04	0,40	15,30
	21:00	20,14	20,14	0,10	49,30	60,00	2,04	0,40	15,10
	22:00	20,19	20,19	0,10	51,37	40,00	2,72	0,20	7,10
	23:00	20,15	20,15	0,10	49,91	40,00	2,72	0,20	7,00
QL2 - 25/8/2012	00:00	21,27	21,27	0,10	28,50	40,00	2,72	0,30	8,80
	01:00	21,61	21,61	0,10	31,00	40,00	2,72	0,40	9,80
	02:00	21,63	21,63	0,10	32,58	40,00	2,72	0,40	10,00
	03:00	21,23	21,23	0,10	32,80	40,00	2,72	0,30	8,80
	04:00	21,01	21,01	0,10	35,68	40,00	2,72	0,30	8,40
	05:00	20,91	20,91	0,10	36,69	40,00	2,72	0,30	8,20
	06:00	20,65	20,65	0,10	36,41	40,00	2,72	0,20	7,60
	07:00	20,69	20,69	0,10	36,90	60,00	2,04	0,40	16,10
	08:00	20,55	20,55	0,10	36,79	60,00	2,04	0,40	15,60
	09:00	20,26	20,26	0,10	39,58	60,00	2,04	0,40	14,80
	10:00	19,76	19,76	0,10	40,50	60,00	2,04	0,30	13,00
	11:00	19,83	19,83	0,10	41,02	60,00	2,04	0,30	13,10
	12:00	20,14	20,14	0,10	40,52	60,00	2,04	0,30	14,10
	13:00	20,18	20,18	0,10	41,06	60,00	2,04	0,40	14,60
	14:00	20,32	20,32	0,10	42,08	60,00	2,04	0,40	15,00
	15:00	20,42	20,42	0,10	41,72	60,00	2,04	0,40	15,40
	16:00	20,68	20,68	0,10	41,41	60,00	2,04	0,40	16,60
	17:00	20,64	20,64	0,10	40,72	60,00	2,04	0,40	16,10
	18:00	20,77	20,77	0,10	41,51	60,00	2,04	0,50	17,00
	19:00	20,82	20,82	0,10	41,39	60,00	2,04	0,50	17,00
	20:00	20,82	20,82	0,10	41,07	60,00	2,04	0,50	16,90
	21:00	20,82	20,82	0,10	41,73	60,00	2,04	0,50	17,10
	22:00	20,82	20,82	0,10	43,19	40,00	2,72	0,30	8,20
23:00	20,82	20,82	0,10	41,98	40,00	2,72	0,30	8,20	
QO1 - 25/8/2012	00:00	21,49	21,49	0,10	29,00	40,00	2,72	0,30	9,40
	01:00	21,74	21,74	0,10	30,72	40,00	2,72	0,40	10,10
	02:00	21,71	21,71	0,10	31,12	40,00	2,72	0,40	10,20
	03:00	21,41	21,41	0,10	32,10	40,00	2,72	0,30	9,30
	04:00	21,19	21,19	0,10	35,34	40,00	2,72	0,30	8,90
	05:00	21,12	21,12	0,10	35,74	40,00	2,72	0,30	8,70
	06:00	20,92	20,92	0,10	35,63	40,00	2,72	0,20	8,10
	07:00	20,92	20,92	0,10	36,18	60,00	2,04	0,40	16,80
	08:00	20,60	20,60	0,10	35,87	60,00	2,04	0,40	15,50
	09:00	20,84	20,84	0,10	36,66	60,00	2,04	0,40	16,50
	10:00	20,74	20,74	0,10	37,12	60,00	2,04	0,40	16,10
11:00	20,54	20,54	0,10	38,35	60,00	2,04	0,40	15,40	

## Continuação

	Hora	Ta (°C)	Trm (°C)	Va (m/s)	UR (%)	TM (W/m <sup>2</sup> )	I <sub>cl</sub> (clo)	PMV	PPD (%)
QO1 - 25/8/2012	12:00	20,86	20,86	0,10	38,56	60,00	2,04	0,50	17,10
	13:00	20,83	20,83	0,10	38,49	60,00	2,04	0,40	16,70
	14:00	20,76	20,76	0,10	39,93	60,00	2,04	0,50	16,80
	15:00	20,23	20,23	0,10	41,38	60,00	2,04	0,40	14,60
	16:00	20,61	20,61	0,10	42,74	60,00	2,04	0,40	16,40
	17:00	19,65	19,65	0,10	44,29	60,00	2,04	0,30	13,00
	18:00	20,37	20,37	0,10	45,26	60,00	2,04	0,40	15,80
	19:00	20,76	20,76	0,10	43,06	60,00	2,04	0,50	17,20
	20:00	20,50	20,50	0,10	42,75	60,00	2,04	0,40	16,00
	21:00	20,14	20,14	0,10	43,71	60,00	2,04	0,40	14,80
	22:00	19,86	19,86	0,10	44,95	40,00	2,72	0,10	6,10
	23:00	19,84	19,84	0,10	44,78	40,00	2,72	0,10	5,80
QO2 - 25/8/2012	00:00	21,65	21,65	0,10	27,91	40,00	2,72	0,30	10,40
	01:00	21,83	21,83	0,10	29,44	40,00	2,72	0,40	10,40
	02:00	21,83	21,83	0,10	29,74	40,00	2,72	0,40	10,10
	03:00	21,67	21,67	0,10	30,40	40,00	2,72	0,40	9,40
	04:00	21,41	21,41	0,10	33,36	40,00	2,72	0,30	9,20
	05:00	21,30	21,30	0,10	33,93	40,00	2,72	0,30	8,80
	06:00	21,22	21,22	0,10	33,54	40,00	2,72	0,30	17,80
	07:00	21,19	21,19	0,10	34,18	60,00	2,04	0,50	16,90
	08:00	20,98	20,98	0,10	33,84	60,00	2,04	0,40	17,40
	09:00	21,03	21,03	0,10	35,12	60,00	2,04	0,50	17,20
	10:00	20,95	20,95	0,10	35,89	60,00	2,04	0,50	16,80
	11:00	20,86	20,86	0,10	36,23	60,00	2,04	0,40	16,90
	12:00	20,93	20,93	0,10	36,66	60,00	2,04	0,40	16,50
	13:00	20,84	20,84	0,10	36,97	60,00	2,04	0,40	17,00
	14:00	20,94	20,94	0,10	37,97	60,00	2,04	0,50	16,70
	15:00	20,82	20,82	0,10	38,84	60,00	2,04	0,40	16,90
	16:00	20,81	20,81	0,10	40,15	60,00	2,04	0,50	14,40
	17:00	20,15	20,15	0,10	39,91	60,00	2,04	0,30	15,80
	18:00	20,45	20,45	0,10	41,18	60,00	2,04	0,40	16,40
	19:00	20,70	20,70	0,10	39,97	60,00	2,04	0,40	16,10
	20:00	20,64	20,64	0,10	40,55	60,00	2,04	0,40	16,20
	21:00	20,57	20,57	0,10	41,71	60,00	2,04	0,40	7,40
	22:00	20,49	20,49	0,10	42,36	40,00	2,72	0,20	6,90
23:00	20,33	20,33	0,10	42,31	40,00	2,72	0,20	10,40	
MÉDIA DO PAV - 25/8/2012	00:00	21,15	21,15	0,10	29,06	40,00	2,72	0,20	8,60
	01:00	21,23	21,23	0,10	31,12	40,00	2,72	0,30	8,70
	02:00	21,15	21,15	0,10	31,80	40,00	2,72	0,30	8,70
	03:00	20,78	20,78	0,10	33,04	40,00	2,72	0,20	7,70
	04:00	20,53	20,53	0,10	36,58	40,00	2,72	0,20	7,10
	05:00	20,38	20,38	0,10	37,07	40,00	2,72	0,10	6,90
	06:00	20,16	20,16	0,10	36,92	40,00	2,72	0,10	6,40
	07:00	20,17	20,17	0,10	37,54	60,00	2,04	0,30	14,10
	08:00	19,90	19,90	0,10	37,45	60,00	2,04	0,30	13,10
	09:00	20,08	20,08	0,10	38,89	60,00	2,04	0,30	13,90
10:00	19,91	19,91	0,10	39,33	60,00	2,04	0,30	13,30	

## Continuação

	Hora	Ta (°C)	Trm (°C)	Va (m/s)	UR (%)	TM (W/m <sup>2</sup> )	I <sub>cl</sub> (clo)	PMV	PPD (%)
MÉDIA DO PAVIMENTO - 25/8/2012	11:00	19,95	19,95	0,10	40,09	60,00	2,04	0,30	13,70
	12:00	20,18	20,18	0,10	40,09	60,00	2,04	0,30	14,40
	13:00	20,15	20,15	0,10	40,29	60,00	2,04	0,40	14,40
	14:00	20,33	20,33	0,10	41,98	60,00	2,04	0,40	15,00
	15:00	20,26	20,26	0,10	42,38	60,00	2,04	0,40	15,00
	16:00	20,52	20,52	0,10	42,81	60,00	2,04	0,40	16,00
	17:00	20,13	20,13	0,10	43,10	60,00	2,04	0,40	14,40
	18:00	20,37	20,37	0,10	44,33	60,00	2,04	0,40	15,70
	19:00	20,61	20,61	0,10	43,41	60,00	2,04	0,40	16,40
	20:00	20,54	20,54	0,10	42,96	60,00	2,04	0,40	16,00
	21:00	20,42	20,42	0,10	44,11	60,00	2,04	0,40	15,70
	22:00	20,34	20,34	0,10	45,47	40,00	2,72	0,20	7,00
	23:00	20,29	20,29	0,10	44,75	40,00	2,72	0,20	7,00