

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

Sheila Comiran (1); Joaquim Pizzutti dos Santos (2); Roberta Mulazzani Doleys Soares (3); Liége Garlet (4)

(1) Mestre, Programa de Pós-graduação em Eng. Civil da UFSM, scomiran@yahoo.com.br

(2) PhD, Professor do Departamento de Estruturas e Construção Civil da UFSM, joaquimpizzutti@hotmail.com.

(1) Mestre, Professora do Curso de Arquitetura e Urbanismo da URI Campus Santo Ângelo, roberta.doleys@gmail.com,

(3) Arquiteta e Urbanista, Mestranda do Programa de Pós-graduação em Eng. Civil da UFSM, liegeg9@gmail.com

Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil - PPGEC, Centro de Tecnologia – CTLAB, Sala 518. Av. Roraima 1000 – Campus Universitário, CEP: 97105-900 – Camobi – Santa Maria – RS, Tel.: (55) 3220-8837.

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Santo Ângelo. Rua Universidade das Missões, 464, CEP: 98.802-470 Santo Ângelo-RS, Tel.: (55) 3313 7900.

RESUMO

O hospital é espaço para reestabelecimento da saúde e, portanto, seus ambientes devem ser confortáveis e adequar-se, inclusive termicamente, a esta função. A preocupação com as condições de conforto ambiental das edificações vão desde a preservação dos recursos naturais até a fase de concepção. 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 prática de projetar com enfoque para o desempenho das edificações também deve levar em consideração as características culturais, os custos ambientais e econômicos. Neste contexto, este trabalho apresenta uma avaliação 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 avaliação do desempenho térmico as análises foram desenvolvidas observando o amortecimento e os fluxos térmicos e, análise dos fechamentos opacos e áreas de ventilação de acordo com o método simplificado proposto pela NBR 15.575 (2013). Os resultados das medições confirmam que há grande amplitude térmica no município de Santa Maria e, que o amortecimento térmico obtido demonstrou que a edificação possui grande inércia térmica. Os resultados do método simplificado confirmaram que a edificação atende os critérios mínimos de desempenho térmico da NBR 15.575 (2013). Na simulação, para avaliar o desempenho dos ambientes, através dos fluxos térmicos, concluiu-se que os maiores ganhos acontecem através da ocupação e pelos ganhos solares, enquanto que as maiores perdas ocorrem por infiltração. 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. Logo, no caso do HUSM, as esquadrias devem ser readequadas para garantir ventilação higiênica no inverno e, para o verão, é necessário utilizar-se de 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: desempenho térmico, arquitetura hospitalar.

ABSTRACT

The hospital is a space for health reestablishment and therefore their environment should be comfortable and suit, including heat, to this function. Concern about environmental comfort conditions of buildings ranging from the preservation of natural resources to the design phase. The thermal performance of a building is related to the building heat exchange with the environment, and many factors influence the thermal behavior

as the material characteristics and environment. The practice of project focusing on the performance of buildings should also take into account the cultural, environmental and economic costs. In this context, this paper presents an evaluation of the thermal performance of the hospital area at the University Hospital of Santa Maria, using measurements, local survey and computer simulation (DesignBuilder program). To evaluate the thermal performance analyzes were developed by observing the damping and thermal flows and analysis of opaque closures and areas of ventilation under the simplified method proposed by the NBR 15.575 (2013). The data founded in measurements showed that there is great temperature range in Santa Maria, and the thermal damping obtained showed that the building has great thermal inertia. The results of the simplified method confirmed that the building meets the minimum criteria of thermal performance of NBR 15.575 (2013). In the simulation to evaluate performance environments, through heat fluxes, the results confirmed that the biggest gains occur through occupation and the solar gains, while heavy losses occur by infiltration. It is evident that the solar gains are positive for the winter period and the negative infiltration must, however, ensure hygienic ventilation to the environments. In summer, the use of sun protection is essential to reduce solar gain. Anyway, in the case of HUSM, the frames should be retrofitted to ensure hygienic ventilation on winter and summer, it is necessary to use artificial air conditioning at certain times of the day, whose need can be reduced by the implementation of a ventilation system with temperature control and improving sun protection systems.

Keywords: thermal performance, hospital architecture.

1. INTRODUÇÃO

Até muito pouco tempo atrás, criar espaços ambientalmente adequados 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.

A busca por soluções arquitetônicas energeticamente eficientes e climaticamente adequadas vem sendo discutida no Brasil e no mundo (HENSEN e LAMBERTS, 2011). A preocupação com as condições de conforto ambiental das edificações iniciam a partir da preservação dos recursos naturais e vão até a fase de concepção do projeto. A prática de projetar com enfoque no desempenho das edificações deve considerar as características culturais e as condições climáticas, assim como os custos ambientais e econômicos (MELHADO, 2001).

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.

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 (LAMBERTS et al., 2010). Por fim, a interface destes diversos fatores determina o comportamento térmico das edificações, o qual influencia no conforto ambiental e nos custos de operação e manutenção da edificação.

Apesar da relevância deste tipo de estudo, a avaliação do desempenho térmico nas áreas de internação hospitalar e sua relação com estratégias bioclimáticas, para melhor conforto e eficiência energética, é um tema ainda pouco explorado e que carece de pesquisa e abordagem específica.

O trabalho de Campos (2013) demonstra que em determinadas situações em que a climatização artificial se faz obrigatória, como é o caso dos centros cirúrgicos de hospitais, que necessitam de controle da

temperatura, umidade e qualidade do ar interno, um projeto arquitetônico que considera as condições bioclimáticas locais e que aproveita os meios disponíveis para reduzir os ganhos de calor através da envoltória, ou que facilite as perdas de calor, quando a carga térmica interna gerada é elevada, contribuirá para reduzir os gastos com o sistema de climatização.

A avaliação do desempenho térmico de forma combinada com programas de simulação é uma ferramenta importante para adequar as edificações ao clima e às atividades realizadas nos ambientes, inclusive para análise de edificações existentes. Com base nestas considerações, a avaliação proposta neste estudo permitirá equacionar problemas de desempenho térmico oriundos do projeto implantado e, a partir desse levantamento, indicar soluções visando melhor desempenho térmico da edificação e consequente melhora nas condições ambientais.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é avaliar o desempenho térmico da área de internação da edificação do hospital universitário de Santa Maria (HUSM), utilizando métodos de medição e simulação, bem como propor soluções para a melhoria das condições ambientais e desempenho térmico no ambiente de internação hospitalar.

3. METODOLOGIA

A metodologia abordará 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 que foram utilizadas para a análise do desempenho térmico da edificação, através de medições e análise por simulação computacional.

3.2 Definição e caracterização do objeto de estudo

Como objeto de estudo deste trabalho foi escolhido o Hospital Universitário de Santa Maria (HUSM), parte integrante da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), localizado na cidade de Santa Maria - RS e atua como hospital-escola com atenção à assistência à saúde, ao ensino e à pesquisa.

A edificação se caracteriza por tipologia de base e volume vertical composto por subsolo, térreo e torre com cinco pavimentos de internação, conforme a figura 1.

Nesta pesquisa a avaliação foi realizada em pavimento intermediário, ou seja, no quarto pavimento da edificação nos setores de internação. A escolha deste pavimento ocorreu para que não existisse influência da cobertura nem da pavimentação externa.

As medições e o levantamento de dados aconteceram em quatro ambientes: dois quartos, com incidência solar leste e um quarto e uma enfermaria com 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 2, dependeu da inexistência de aparelhos de ar condicionado.



Figura 1- HUSM: fachada oeste

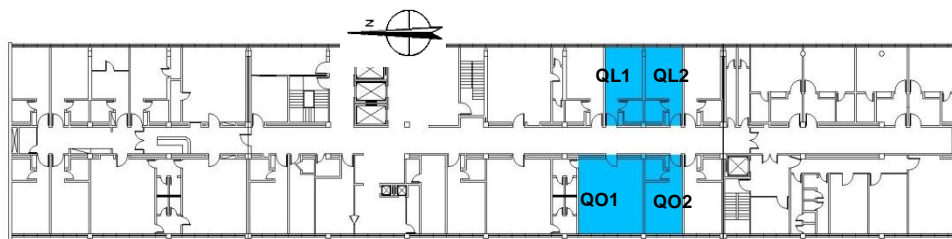


Figura 2 - Planta baixa do quarto pavimento: em destaque quartos onde foram realizadas as medições.
Fonte: Adaptado de Pró-Reitoria de Infraestrutura da UFSM.

A figura 3 ilustra um dos cortes com alturas dos ambientes analisados.

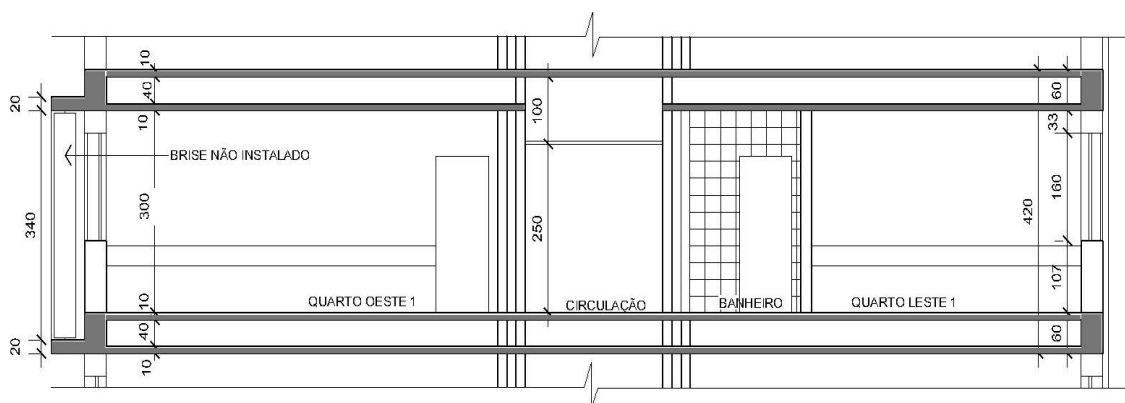


Figura 3 - Corte Transversal dos ambientes analisados.
Fonte: adaptado de Pró-Reitoria de Infraestrutura.

O quarto QO1 possui área igual a 37,44 m² os demais quartos (QL1, QL2, QO2) apresentam área de 17,94 m². As principais características construtivas dos ambientes analisados foram resumidas na tabela 1.

Tabela 1 - Características construtivas dos quartos analisados do quarto pavimento e ocupação.

Elemento construtivo	Material / técnica	Observações
Estrutura	Concreto armado: lajes e pilares	
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	
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 ² (14,48 % da área do piso) Área de ventilação de QO1 = 4,44 m ² (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)

3.3 Medição das variáveis ambientais

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.

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. Foram definidos três pontos de medição no interior de cada um dos quartos, conforme representado na figura 4.

A norma ASHRAE 55 (2010) define que a pessoas estão sentadas e de 110 cm para pessoas em atividade em pé. Considerando que este trabalho foi fruto de uma dissertação de mestrado que também avaliou o conforto térmico na área de internação do hospital, 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.

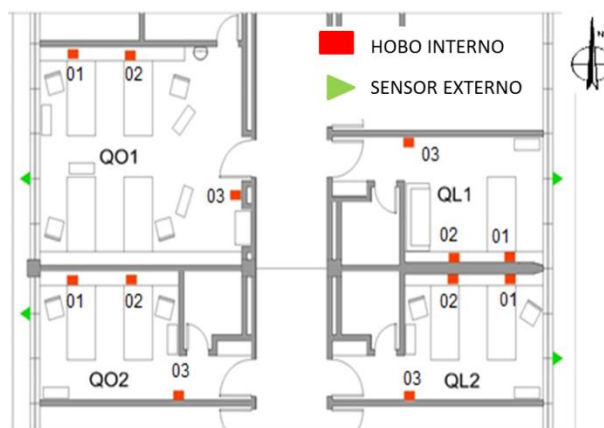


Figura 4 - Planta baixa dos quartos com posição dos “hobos”.

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. Durante as medições foram observadas as condições normais de uso dos ambientes. Os aparelhos *hobos* foram posicionados a uma altura de 2,20 metros do piso junto à janela, protegidos por uma caixa ventilada (de isopor, revestida por papel alumínio), para evitar a influência da radiação.

No período de verão: 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. No período de inverno: 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.

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*. A modelagem foi baseada no levantamento das características construtivas do edifício e dados climáticos da cidade de Santa Maria/RS, representados pelo arquivo climático *TMY*.

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 5.

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

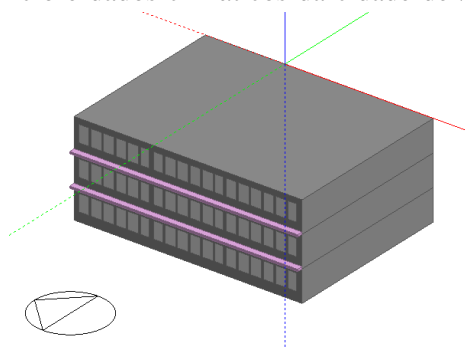


Figura 5 - Modelagem do HUSM no software DesignBuilder.

3.6.1 Condições de uso, ocupação e iluminação

Além das situações reais da edificação, já descritas no item de medições, 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/m² 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/m², 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. 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 camiseta

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 e a superfície de contato do corpo com a cama, que não consta na tabela, sendo então calculados.

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.

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. 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/m² gerada pelo programa.

3.6.2 Configuração da 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* e, também fosse maior que a temperatura do ar exterior. Além disso, o horário de funcionamento foi habilitado para utilização da ventilação natural.

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/m² e a UR de 50%.

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

3.6.3 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.

3.7 Análise de Desempenho Térmico

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.

3.7.1 Procedimento Simplificado da NBR 15.575

Para análise do desempenho dos fechamentos verticais opacos foi utilizado o procedimento simplificado da NBR 15.575 (2013), o qual verificou o atendimento dos requisitos e critérios de transmitância e capacidade térmica. Para a zona bioclimática 2, o desempenho mínimo definido é de que as paredes externas apresentem transmitância térmica menor ou igual a 2,5 W/m².K ($U \leq 2,5$) e capacidade térmica maior ou igual a 130 kJ/m².K ($CT \geq 130$).

Quanto às aberturas para ventilação, estas devem apresentar dimensões adequadas para proporcionar a ventilação interna dos ambientes, requisito aplicado aos ambientes de permanência prolongada (NBR 15.575-4, 2013), como é o caso das áreas de internação de um hospital.

No caso de não atendimento ao Procedimento Simplificado na norma, deve-se realizar a simulação computacional.

3.7.2. 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, que irá influenciar no desempenho térmico da edificação, pois está relacionado à capacidade do fechamento de diminuir a amplitude das variações térmicas, sendo o coeficiente de amortecimento, a relação entre a amplitude da temperatura do ambiente interno e a amplitude da temperatura do ambiente externo, expressa em percentual. O cálculo foi realizado através da seguinte equação:

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

onde:

μ é o coeficiente de amortecimento,

ΔT_i é a amplitude da temperatura do ar interna e

ΔT_e é a amplitude da temperatura do ar externa.

4.3 Análise dos fluxos térmicos através da simulação

Para melhor observar como ocorreram as principais trocas térmicas na edificação e entender o desempenho térmico para proposição de futuras melhorias, foram analisados os fluxos térmicos da edificação através dos da simulação computacional em que serão detectados locais de perdas e ganhos térmicos na edificação.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

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 foram retirados dados para análise dos fluxos térmicos.

A análise do desempenho visou verificar se a edificação é adequada às condições climáticas locais. Edificações que apresentam bom desempenho térmico garantem ambientes com melhor qualidade e conforto ambiental com maior economia de energia.

4.1. Análise através do procedimento simplificado da NBR 15.575

As paredes externas do hospital possuem espessura de 35 cm compostas por parede dupla de tijolos 6 furos assentados na maior dimensão. Conforme com a NBR 15220 (2005), o valor de transmitância térmica desse fechamento é de 1,21 W/m².K e a capacidade térmica dessas paredes é de 312 kJ/m².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.

Tabela 2 - 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 ²	2,6 m ²	1,26 m ²	1,50 m ²
QO1	37,44 m ²	4,44 m ²	2,62 m ²	3,12 m ²

A tabela 2 mostrou a comparação das áreas de piso e ventilação para os quartos do hospital e os valores estabelecidos na legislação. 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. Assim é possível concluir que as aberturas de ventilação também atendem os critérios mínimos de desempenho definidos na NBR 15.575 (2013).

4.2. Análise do amortecimento térmico através das medições

A figura 6 apresenta as variações das temperaturas medidas no verão no interior e no exterior da edificação, estando 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.

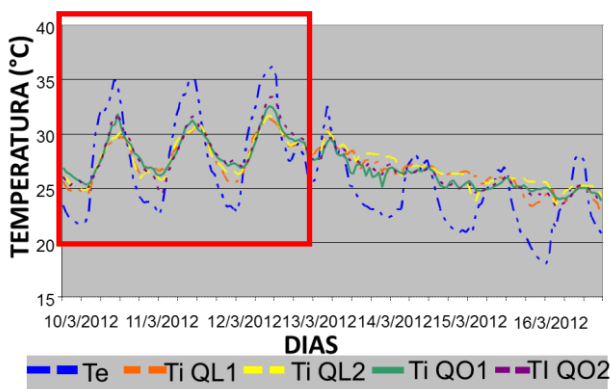


Figura 6 - Variação das temperaturas externa e internas no período de verão.

No 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 maior ocupação. Outro aspecto observado é que 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, demonstrando que a edificação apresenta uma boa inércia térmica.

Os resultados para o período de inverno estão demonstrados na figura 7, destacando-se o período de 25 a 27 de agosto, o qual foi utilizado para a análise dos resultados. Nestes, verificou-se que a temperatura máxima exterior foi de 26,51 °C, enquanto que a temperatura mínima foi de 8,74 °C.

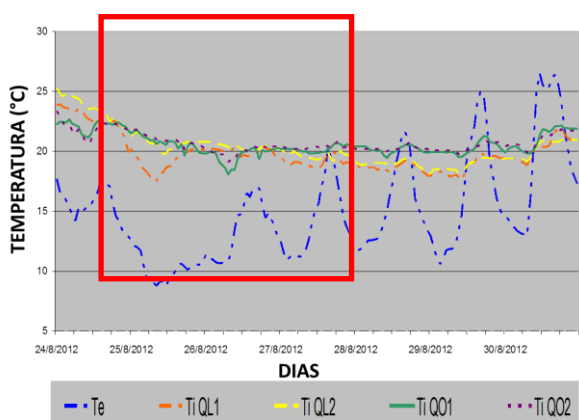


Figura 7 - Variação da temperatura externa e interna no período de inverno.

Relativo ao período de inverno 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 menor ocupação. 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, apresentando em um único dia, a amplitude máxima interna registrada de 3,93 °C. 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 8 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

O gráfico mostra 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 amplitude térmica externa registrada foi de 18,16 °C no período, ocorrendo a maior amplitude em um único dia, de 13,41 °C, registrada no dia 12.

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 QL2.

A figura 7 mostra uma amplitude térmica externa no período de 17,77 °C, dos quais, 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, em que a temperatura máxima registrada foi de 25,25 °C no início das medições, pois em seguida entrou uma frente fria que baixou as temperaturas. A menor temperatura interna foi de 17,48 °C.

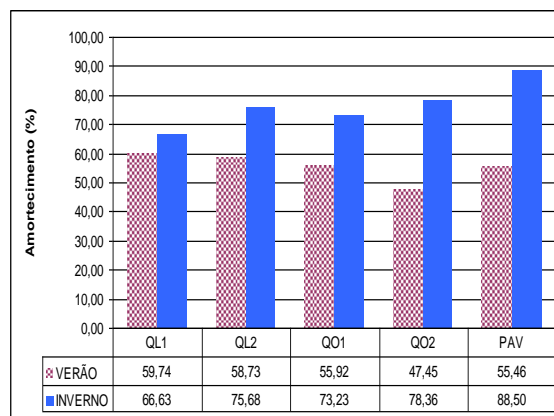


Figura 8 - Amortecimento no inverno e verão

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, em 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.

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.

4.3 Análise dos fluxos térmicos através da simulação

Na análise dos fluxos térmicos da edificação, compreende-se: da esquerda para a direita: vidros, paredes externas, forro, piso, paredes internas, infiltração externa, iluminação, ocupação e ganho solares das janelas, os quais estão representados nas figuras 9 e 10 para os períodos de verão e inverno, respectivamente.

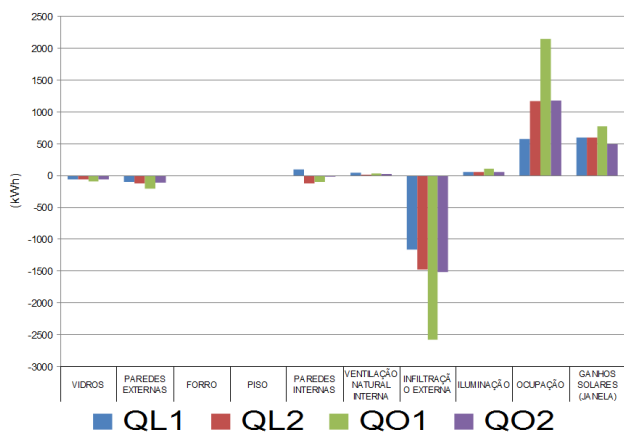


Figura 9 - Fluxos térmicos no período de verão

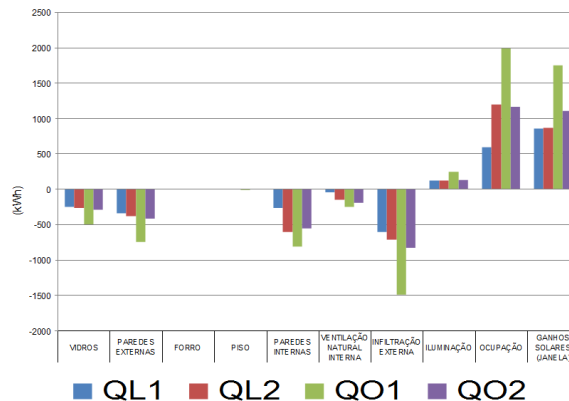


Figura 10 - Fluxos térmicos no período de inverno

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 os demais ganhos 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 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 10, verifica-se que as perdas ocorreram através das paredes internas e externas, vidros e ventilação natural interna.

Os ganhos dos ambientes são representados pela ocupação e pelos ganhos solares, os quais 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, observou-se que os ganhos solares são maiores no período de inverno, demonstrando a importância da utilização de proteções solares que permitam regulagem de abertura e fechamento em climas com grande variação de temperatura no inverno e verão, bem como é importante obter-se de controle dos sistemas de ventilação e o correto dimensionamento das aberturas.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho que teve por objetivo avaliar o desempenho térmico na área de internação da edificação do Hospital Universitário de Santa Maria (HUSM), utilizando métodos de medição e simulação, bem como propor soluções para a melhoria das condições ambientais e desempenho térmicos no ambiente hospitalar.

Em suas medições de temperatura, pode-se confirmar a grande amplitude térmica no município de Santa Maria - RS 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. E, pelas análises do amortecimento térmico demonstram que a edificação possui grande inércia térmica, pois aquece durante o dia e retém o calor, pois, mesmo nos quartos com orientação leste, o período em que se encontram as maiores temperaturas corresponde ao horário da tarde.

Quanto ao desempenho térmico pela avaliação realizada através do método simplificado da NBR 15.575 (2013) demonstrou que a edificação atende aos critérios mínimos de desempenho.

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.

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. Neste sentido, indica-se a substituição ou adequação das esquadrias ou o uso de sistema de renovação de ar independente da janela.

Considerando os dois métodos de análise, simulação e medições, observou-se que ambos possuem análises coerentes e apontam a boa participação da inércia térmica na edificação, principalmente no inverno. Tanto na análise pelo cálculo do amortecimento como na simulação computacional, no verão, verificam-se elevados ganhos por infiltração, devido à abertura das janelas que transporta o calor externo para dentro. E, no inverno, apesar das perdas serem menores, nesse caso, são perdas negativas ao conforto dos usuários.

Embora a área de janelas medida pelo método simplificado esteja em coerência para o atendimento do critério mínimo de desempenho, estas mesmas aberturas demonstram na simulação os grandes ganhos solares e perdas por infiltração que afetam o conforto e desempenho térmico da edificação.

Com base na análise e interpretação do estudo de caso apresentado, recomendam-se princípios de projeto e estratégias para que edifícios melhorem o seu desempenho térmico:

- Em edificações novas observar a orientação solar para a implantação, utilizando preferencialmente a orientação solar norte e nordeste para os ambientes de internação;

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 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, e como verifica-se na literatura, 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 desempenho térmico, visando garantir soluções sustentáveis e com eficiência energética. Ainda chama a atenção para a importância das

estratégias utilizadas no projeto arquitetônico adequando às necessidades do clima local, em que soluções passivas podem contribuir para redução do consumo de energia e para o conforto térmico, preservando a boa qualidade do ar interior.

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 desempenho térmico, qualificando o ambiente e garantido 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. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575-1**: edificações habitacionais – desempenho. Parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro, Brasil, 2013. 71 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.
- HENSEN, J. L. M.; LAMBERTS, R. **Building Performance Simulation for Design and Operation**. Routledge, 2011.
- LAMBERTS, R. et al. (Ed.). **Casa eficiente**: Bioclimatologia e desempenho térmico. v.1. Florianópolis: UFSC/LabEEE. 2010.
- MELHADO, S. B. **Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios**. 2001. Tese (Livre-Docência). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SILVA, J. S. **A eficiência do brise-soleil em edifícios públicos de escritórios: estudo de casos no plano piloto de Brasília**. Brasília: UNB, 2007. (Dissertação de mestrado).
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Pró-Reitoria de Infraestrutura. **Acervo arquivos digitais**. Santa Maria, 2010.