

IMPORTÂNCIA DA ADEQUAÇÃO DE UM PROJETO PADRÃO DE UNIDADE DE SAÚDE PARA O CLIMA DE FLORIANÓPOLIS (SC)

Bianca Milani de Quadros (1); Martin Ordenes Mizgier (2)

(1) Arquiteta, Mestre do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, bianca@labcon.ufsc.br

(2) Dr, Professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, martin@arq.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Cx Postal 470, Florianópolis-SC, 88040-970, Tel.: (48) 3721 4961

RESUMO

Administradores públicos têm adotado o projeto-padrão disponibilizado pelo Ministério da Saúde para acelerar a construção de Unidades de Pronto-Atendimento. O projeto busca de maneira essencialmente racionalista atender aos programas de necessidades estipulados pelos órgãos administrativos, negligenciando as situações específicas do contexto climático local para maior conforto térmico aos usuários. Este trabalho teve como objetivo analisar a influência de alterações no projeto padrão de uma UPA em Florianópolis sobre o desempenho térmico do ambiente da enfermaria naturalmente ventilada. A análise é feita a partir da comparação entre os valores de trocas de ar, ganho de calor pelas janelas e as horas dentro do limite de 80% de aceitabilidade pelo modelo adaptativo de conforto térmico. Para isso, foram realizadas simulações computacionais com o software EnergyPlus. Foram simulados 07 casos: caso base que reproduz o projeto padrão existente; caso 1 que acrescenta brises em todas as janelas; caso 2 que muda a orientação solar do edifício; casos 3 e 4 que modificam o tipo de terreno para entorno urbano e rural, respectivamente; caso 5 que reduz a área de aberturas; e o caso 6 que modifica a tipologia da cobertura. Os resultados demonstram que a maior influência sobre o conforto térmico ocorre no caso 6. Neste caso, a diminuição no ganho de calor conquistada pela supressão das aberturas zenitais melhora o conforto térmico dos usuários ao longo do ano, resultando em 6534 horas em conforto, enquanto o caso base apresenta 6179 horas em conforto. Isto representa uma melhoria percentual de 5,7%. A influência de alterações no projeto padrão sobre o seu desempenho térmico, evidenciam o desafio de adaptação do modo de construir nas diversas cidades do país, regionalizando as construções para atenderem às necessidades climáticas locais.

Palavras-chave: arquitetura hospitalar, simulação computacional, desempenho térmico.

ABSTRACT

Public administrators have adopted a standard project approved by the Ministry of Health to speed up the construction of Units of Prompt Attendance. The project seeks, in an essentially rationalist way, to attend the program needs estimated by the administrative institutions, neglecting specific scenarios for the local climate context to improve user's thermal comfort. This work aimed to analyse the influence of changes in the standard UPA project in Florianópolis on the thermal performance of a naturally ventilated infirmary room. The analysis is made from the index between the values of air changes rate, heat gain per window and the hours within the limit of 80% of acceptability by the adaptive model of thermal comfort. For this, computational simulations were performed using the EnergyPlus software. Seven cases were simulated: base case that reproduces the existing standard project; case 1 that adds shading devices in all windows; case 2 that changes the orientation of the building; cases 3 and 4 that modify the type for urban and rural environment, respectively; case 5 that reduces the windows; and case 6 that modifies the roof typology. The results demonstrate that the greatest influence on the thermal comfort occurred in case 6. In this case, the decrease in heat gain achieved by suppression of the zenith apertures improves user's thermal comfort throughout the year, resulting in 6534 hours in comfort while the base case presents 6179 hours in comfort. That represents an improvement of 5,7%. The influence of changes in the standard project on its thermal performance evidenced the challenge of adapting the way of construction in the different cities of the country, regionalizing the buildings to meet local climatic needs.

Keywords: healthcare architecture, computational simulation, thermal performance.

1. INTRODUÇÃO

Uma das diretrizes da Política Nacional de Atenção às Urgências é a descentralização do atendimento de urgências de baixa e média complexidade, reduzindo a sobrecarga dos hospitais de maior porte. Com esse intuito, o Ministério da Saúde implantou pela Portaria nº 2048 (BRASIL, 2002) as Unidades de Pronto-Atendimento (UPA). Atualmente, uma média de 97% dos casos são resolvidos nas UPAs e apenas o restante de 3% dos usuários necessita ser transferidos para hospitais (BRASIL, 2014).

Frente ao sucesso das UPAs, a solução adotada por prefeituras e governos para acelerar a construção destas unidades é a adoção do projeto-padrão, disponibilizado pelo Ministério da Saúde. Os projetos usam como base programas de necessidades padronizados das atividades estipuladas pelos órgãos administrativos. Basicamente, o partido arquitetônico procura atender objetivos econômicos bem como a racionalidade construtiva e a funcionalidade.

Segundo a NBR 15220 (ABNT, 2005), o Brasil é agrupado por semelhanças climáticas em oito diferentes zonas bioclimáticas, as quais demandam diretrizes construtivas específicas para cada uma delas. Mediante análises do desempenho térmico das UPAs no contexto climático do local onde se pretende implantá-la, é possível prever problemas referentes às condições de conforto ambiental. Estes problemas previamente identificados permitem que sejam feitas adequações no projeto padrão para garantir maior conforto térmico aos usuários.

Diversas pesquisas têm sido realizadas sobre o conforto térmico em hospitais (HWANG et al. 2007; KHODAKARAMI et al., 2009; VERHEYEN et al., 2011; YAU et al., 2011). Tendo em vista que os modelos de avaliação do conforto térmico restringem-se à análise de pessoas saudáveis, estes estudos agregam coleta de dados, simulações e as opiniões dos usuários para a obtenção de parâmetros de conforto aplicáveis. Segundo Verheyen et al. (2011), a sensação de conforto térmico dos pacientes pode ser diferente das pessoas saudáveis devido a alterações no metabolismo, pressão arterial, controle da vasoconstrição, habilidade de evapotranspirar, o uso de aparelhos como cadeira de rodas e a ingestão de medicamentos que podem afetar a termo regulação. Para Yau et al. (2011), outro ponto a considerar são as condições psicológicas do paciente internado. O processo de tratamento pode gerar um estado de estresse emocional que se reflete na termo regulação corporal do paciente.

Além da diferenciação na sensação de conforto térmico, outro grande motivador de estudos nesta área é a necessidade de controle da infecção hospitalar. O hospital deve assegurar um padrão mínimo de atendimento ao paciente, incluindo o controle e a prevenção de infecções hospitalares. O controle geral das infecções hospitalares é influenciado pelo próprio projeto arquitetônico (YAU et al., 2011; LUKIANTCHUKI; SOUZA, 2010). Os problemas básicos do planejamento do hospital incluem os padrões de circulação, os sistemas de transportes de materiais limpos e sujos, facilidade de limpeza de superfícies e materiais, manutenção das instalações prediais e os sistemas de ventilação (ULRICH et al., 2004).

Dentro desse contexto, a utilização da ventilação natural nas unidades do hospital evita os frequentes espaços herméticos e proporciona ambientes mais humanos, além de contribuir no combate à infecção hospitalar. A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2009) defende o aproveitamento da ventilação natural em áreas hospitalares não críticas, ou seja, com baixo risco de infecção hospitalar. Segundo Lomas e Ji (2009), a ventilação natural em ambientes de internação geral e enfermarias é uma solução interessante para a construção de novos edifícios hospitalares pautados sobre a ótica da eficiência energética. O consumo de energia pelo sistema de ar condicionado pode representar 40% da demanda total de energia em um hospital no Brasil (SZKLO et al., 2004). Este grande consumo é ocasionado pela existência de grandes áreas condicionadas artificialmente sem que tivesse sido cogitada a possibilidade da adoção estratégias de condicionamento passivo em determinados ambientes.

Diante disto, o presente trabalho apresenta a análise de adequações de um projeto padrão de uma UPA na cidade de Florianópolis. A avaliação concentra-se na condição térmica do ambiente da enfermaria naturalmente ventilada, considerando a influência dos brises, orientação, tipo de terreno e quantidade de aberturas.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é analisar a influência de alterações no projeto padrão de uma UPA em Florianópolis sobre o desempenho térmico do ambiente da enfermaria naturalmente ventilada.

3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido em três etapas: definição dos modelos de edificação a simular, contexto climático da análise e processamento e análise dos resultados. As etapas são detalhadas a seguir.

3.1. Definição dos modelos de edificação

3.1.1. Caso base (projeto padrão existente)

O modelo de simulação base apresenta características do projeto padrão existente. A partir dele, definiu-se seus modelos derivados. Todos modelos apresentam os mesmos materiais, componentes, aberturas e cargas térmicas. A diferenciação entre eles se dá pela orientação, presença de brises, tipo de terreno e quantidade de aberturas.

A área de análise abrange a ala de enfermagem, onde os pacientes permanecem por mais tempo. Para a simulação de edificações no programa computacional EnergyPlus, é necessária a definição de zonas térmicas do modelo. Em se tratando de um único e amplo ambiente, a ala de enfermagem foi modelada com uma zona térmica. A

Figura 1 mostra a planta desse modelo com uma área útil de 208m² e pé direito de 2,80m. Existem aberturas em três orientações: norte, leste e oeste, totalizando uma área de abertura de 60,6m². A Figura 2 mostra uma perspectiva externa.

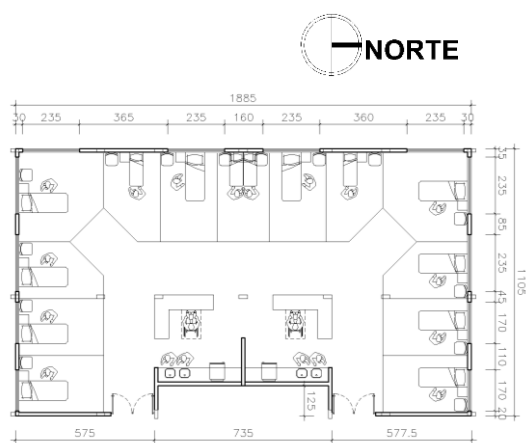


Figura 1 – Planta baixa do caso base (BRASIL, 2016 adaptado pelos autores).

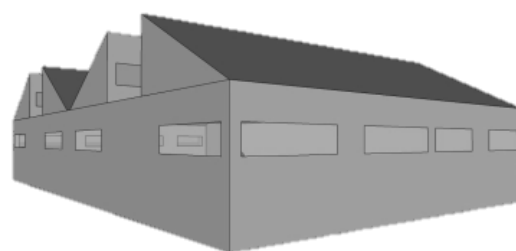


Figura 2 – Perspectiva do caso base.

Os elementos construtivos são constituídos por materiais tipicamente utilizados na construção das unidades de saúde públicas do Brasil, conforme o descrito na Tabela 1.

Tabela 1 - Características dos elementos construtivos.

Elementos construtivos	Materiais	Característica (Transmitância térmica Fator Solar)
Parede	Camada externa e interna de argamassa (2,5cm de espessura cada) e bloco de concreto (9cm de espessura).	$U = 2,78 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
Cobertura	Coberturas planas: laje pré-moldada (12cm de espessura) sem telhamento.	Coberturas planas: $U = 2,95 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
	Coberturas inclinadas: Laje pré-moldada (12cm de espessura), câmara de ar e telha cerâmica.	Coberturas inclinadas: $U = 1,79 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
Janelas	Vidro incolor simples (3mm de espessura).	FS: 0,87

O padrão de uso da edificação é baseado no funcionamento 24 horas do atendimento de emergência de pacientes. A Tabela 2 apresenta uma estimativa teórica dos padrões de uso e as cargas térmicas resultantes do sistema de iluminação, equipamentos eletrônicos e ocupação da enfermaria. Para o sistema de iluminação, a norma brasileira recomenda uma iluminância de 500 lux para salas de exames em geral. A carga térmica necessária para alcançar esta iluminância utilizando lâmpadas fluorescente (eficiência luminosa de é de 60lm/W) é de 1730W.

Tabela 2 - Padrões de uso e cargas térmicas.

	Padrões de uso	Densidade de carga [W/m²]
Iluminação	Lâmpadas são acesas todos dias das 7hs às 21hs e apenas 1% das lâmpadas são acesas das 21hs às 7hs.	8,3
Equipamentos eletrônicos	Equipamentos permanecem conectados o dia inteiro, exceto nos finais de semana quando apenas 25% estão em uso.	2,3
Ocupação	28 pessoas, sendo 13 pacientes, 13 acompanhantes e 2 enfermeiras. A ocupação máxima ocorre das 9hs às 18hs. A ocupação é de 25% nos finais de semana e das 18hs às 9hs nos dias de semana.	14,5*

*Cálculo considerando 0,13 pessoas por metro quadrado e o valor de 108W/pessoa, representando uma pessoa descansando sentada (ASHRAE, 2013).

Quanto ao condicionamento do ar, a simulação considera apenas a ventilação natural. O EnergyPlus trabalha com o modelo de rede AirFlowNetwork, onde foi adotado o sistema de ventilação por controle seletivo. Neste sistema, especifica-se quando as aberturas devem ser abertas ou fechadas para manter a temperatura interna dentro do intervalo de conforto estabelecido. Assim, definiu-se que as janelas são abertas quando a temperatura interna do ar é igual ou superior à temperatura máxima de 22°C.

Faz-se necessária ainda a definição dos coeficientes de pressão (CP's) nos diferentes pontos das superfícies externas da edificação. Por tratar-se de uma edificação com geometria simples, os coeficientes de pressão foram calculados pelo programa através do parâmetro *Surface-Average Calculation* (PEREIRA et al., 2013). Em função dos CP's terem sido adquiridos por este parâmetro, existe uma incerteza em relação aos valores que possam ser observados em uma situação real. No entanto, esta análise de incerteza não faz parte dos objetivos da pesquisa.

3.1.2. Demais casos

A partir do caso base, definiu-se os demais casos a serem simulados. Conforme apresenta a Tabela 3, a diferenciação entre os casos se dá pela presença de brises, orientação, tipo de terreno e quantidade de aberturas.

Tabela 3 – Parâmetros variados.

Casos	Brises	Orientação	Terreno	Aberturas
Caso base	Não	Norte-sul	Centro da cidade	Todas as fachadas e cobertura
Caso 1	Sim	Norte-sul	Centro da cidade	Todas as fachadas e cobertura
Caso 2	Não	Leste-oeste	Centro da cidade	Todas as fachadas e cobertura
Caso 3	Não	Norte-sul	Ambiente urbano	Todas as fachadas e cobertura
Caso 4	Não	Norte-sul	Campo com algumas barreiras	Todas as fachadas e cobertura
Caso 5	Não	Norte-sul	Centro da cidade	Apenas na fachada oeste e cobertura
Caso 6	Não	Norte-sul	Centro da cidade	Todas as fachadas e não na cobertura

A proteção solar das janelas do caso 1 é feita por um brise horizontal no limite superior das janelas e dois brises verticais nos limites laterais com profundidades de 0,8m. Com esta geometria, a fachada oeste, responsável pelo maior ganho de calor no verão, permanece protegida da incidência da radiação solar direta até às 16hs no período de verão (Figura 3 e Figura 4).

Em se tratando de um projeto padrão, onde a orientação pode variar dependendo do terreno a ser implantado, optou-se por incluir na análise a mudança de orientação. Assim, o caso 2 está implantado no eixo leste-oeste, diferentemente dos demais casos.

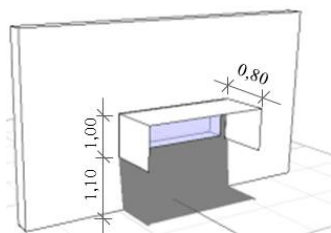


Figura 3 – Máscara de sombra para brises na fachada oeste.

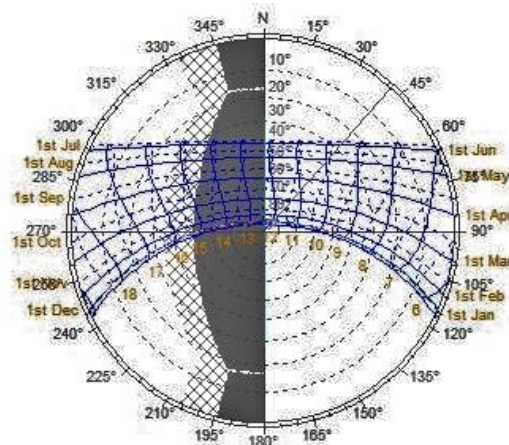


Figura 4 – Máscara de sombra para brises na fachada oeste.

Outro parâmetro variado é o tipo de terreno. O programa EnergyPlus permite que a velocidade do vento, fornecida por estações meteorológicas a 10 metros de altura, seja corrigida para a altura de interesse, de acordo com a Equação 1 (PEREIRA et al., 2013).

$$V_z = V_{10} \cdot K \cdot Z^a$$

Equação 1

Onde:

V_z é a velocidade do vento na altura Z de interesse [m/s];

V_{10} é a velocidade do vento a 10 metros de altura [m/s];

Z é a altura da cumeeira para edificações de até 2 andares ou altura da janela para edificações mais altas (m); K e a são função da localização da edificação e podem ser obtidos na Tabela 4.

Tabela 4 – Coeficientes K e a .

Localização do terreno	K	a
Campo com algumas barreiras	0,52	0,20
Ambiente urbano	0,40	0,25
Centro da cidade	0,31	0,33

A variação da quantidade de aberturas condiz com duas possibilidades de alteração no projeto original: a expansão dos blocos adjacentes e a mudança de tipologia da cobertura. A primeira alteração, ilustrada pela Figura 5, indica uma futura ampliação do complexo da UPA. Esta intervenção resulta na retirada das janelas das fachadas norte e sul. A segunda alteração pode ser vista na Figura 6, onde a mudança para um telhado simples de duas águas resulta na retirada das aberturas da cobertura.

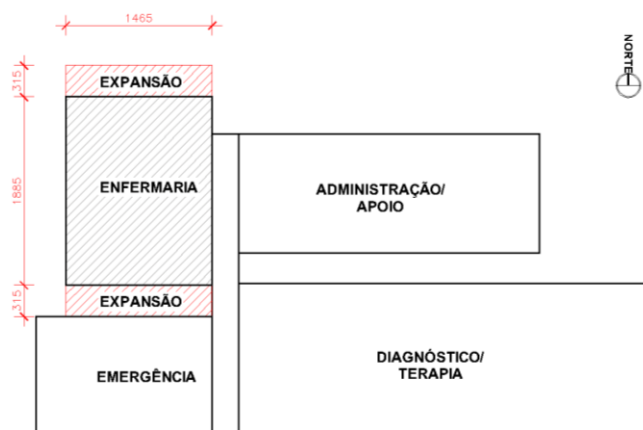


Figura 5 – Planta baixa caso 5, expansão dos blocos adjacentes.

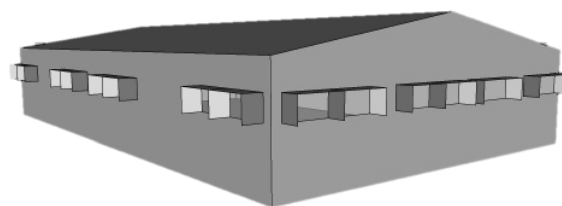


Figura 6 – Perspectiva do caso 6, mudança tipologia de cobertura.

3.2. Contexto climático da análise

O EnergyPlus é um programa de simulação térmica em regime dinâmico que reproduz as condições climáticas com intervalos horários por meio de arquivos representativos do clima de determinada cidade. Desta forma, as simulações utilizaram o arquivo climático TRY de Florianópolis, que diz respeito a 1963, ano típico e sem extremos de temperatura.

Em função da temperatura e a velocidade do ar serem variáveis com influência direta no conforto térmico dos ocupantes, a definição do período de análise considerou dias com temperaturas elevadas e ventos predominantes de verão. O mês mais quente é janeiro com média de 25°C.

O regime dos ventos também foi analisado pela frequência de ocorrência no verão. Os ventos norte, nordeste e sul predominam. As frequências de ocorrência são de 21%, 14% e 10%, respectivamente. Com relação a velocidade do ar, observam-se valores entre 3 e 6 m/s, sendo que o vento nordeste tende a registrar as maiores velocidades do ar.

A partir da análise climática, foram selecionados dias com temperaturas e ventos predominantes de verão. Os dias 4 e 15 de janeiro representam a análise com temperaturas do ar média de 27°C e 24°C, respectivamente. No dia 4 de janeiro predomina o vento nordeste e no dia 15 de janeiro o vento sul. A velocidade média do ar em ambos os casos é de 5m/s.

3.3. Processamento de dados

O desempenho térmico da enfermaria é analisado em função de três aspectos: as trocas de ar no ambiente interno, o ganho de calor pelas janelas e o conforto térmico adaptativo. A comparação do desempenho térmico dos diferentes casos é feita pelos dados horários. Após a comparação entre os dados horários, é feita uma análise da variação dos resultados em relação ao caso base, que representa o projeto padrão existente.

Com relação ao conforto térmico, para determinar a temperatura média predominante do ar externo, tomaram-se como base as temperaturas externas simuladas para os sete últimos dias antes dos dias 04 e 15 de janeiro. A temperatura média predominante foi calculada por meio da Equação 2 (ASHRAE, 2013).

$$T_{mpa(ext)} = 0,34T_{od-1} + 0,23T_{od-2} + 0,16T_{od-3} + 0,11T_{od-4} + 0,08T_{od-5} + 0,05T_{od-6} + 0,03T_{od-7} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

$T_{mpa(ext)}$ é temperatura média predominante do ar externo [°C];

T_{od-1} é temperatura média do dia anterior [°C];

T_{od-2} é temperatura média um dia antes do anterior [°C];

T_{od-3} é temperatura média dois dias antes do anterior [°C] e assim por diante.

Uma vez que o resultado do cálculo da temperatura média predominante foi de 25,9°C no dia 04 de janeiro e 23,1°C no dia 15 de janeiro modificou-se o gráfico de faixas de temperaturas operativas aceitáveis para espaços naturalmente ventilados, conforme ilustra a Figura 7. Desta forma, considera-se a temperatura média predominante constante, somente variando as temperaturas operativas simuladas (Figura 8).

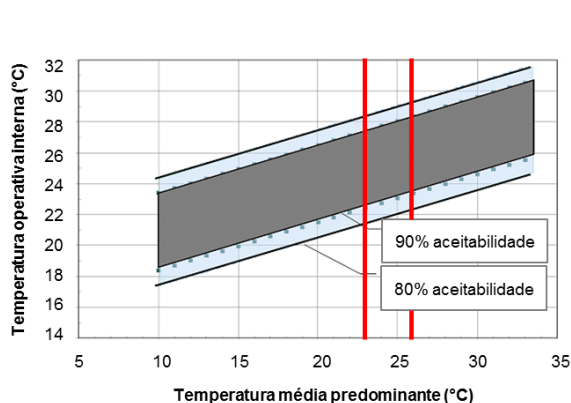


Figura 7 – Faixas de temperaturas operativas aceitáveis para espaços naturalmente ventilados. Linha em vermelho indicando as temperaturas médias predominantes calculadas (ASHRAE, 2013).

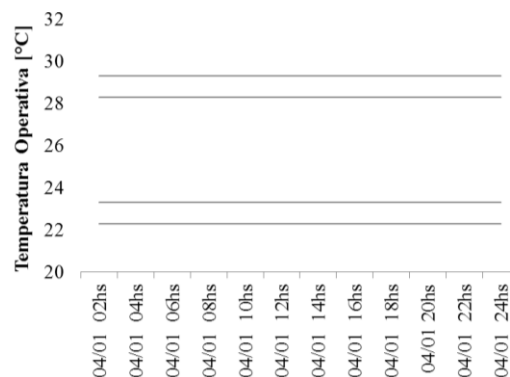


Figura 8 – Gráfico base para análise do conforto adaptativo.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados obtidos nesta pesquisa. Os gráficos mostram os valores simulados de trocas de ar por hora, ganho de calor pelas janelas e temperatura operativa.

4.1. Trocas de ar por hora (ACH)

A Figura 9 e a Figura 10 apresentam os resultados das simulações das trocas de ar por hora nos dias 04 de 15 de janeiro. Observa-se que os maiores valores de trocas de ar por hora encontrados foram nos casos 3 e 4. Em ambos os modelos, houve a modificação do tipo de terreno. O modelo inserido no entorno rural pode atingir 180 ACH que equivale a uma vazão de 29m³/s e velocidade do ar interno de 0,5m/s. Esta velocidade está dentro do limite de 1,2m/s estabelecido pela ASRAE Standard 55 (2013) para ambientes naturalmente ventilados com controle local.

As menores trocas de ar por hora ocorrem nos casos 2, 5 e 6. A mudança de orientação do caso 2, desprivilegiou a incidência dos ventos predominantes. Da mesma forma, a supressão das janelas norte e sul no caso 5 e das aberturas zenitais no caso 6 comprometeram o desempenho da ventilação natural com a diminuição da movimentação do ar no interior da enfermaria.

Apenas no caso 1, a troca de ar se manteve estável em relação ao caso base, o que demonstra que o programa não é sensível as diferenças na movimentação do ar provocadas pelos brises. Isto será investigado na continuação da pesquisa, por meio de simulações CFD.

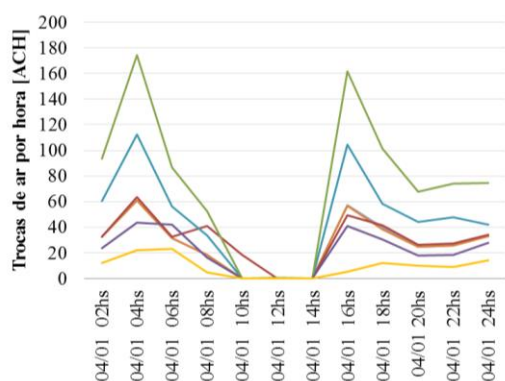


Figura 9 – Simulação das trocas de ar por hora no dia 04 de janeiro.

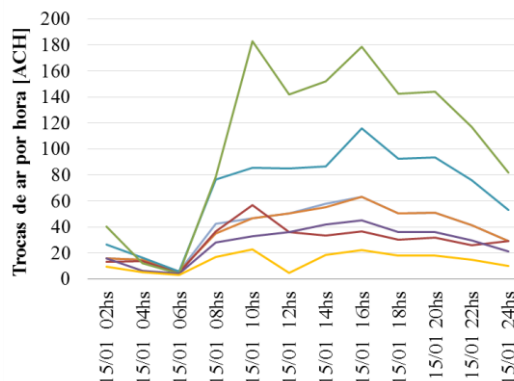


Figura 10 – Simulação das trocas de ar por hora no dia 15 de janeiro.



A Figura 11 mostra o gráfico comparativo da diferença percentual das trocas de ar por hora simuladas em relação ao caso base. Com exceção do caso 1, percebe-se que houve alterações em quase todos os casos. Nos casos 2, 5 e 6 houve diminuição da quantidade de trocas de ar por hora com percentuais de -10%, -25% e -65%, respectivamente. Nos casos 3 e 4, a mudança foi positiva, com acréscimo percentual de 42% e 63%, respectivamente.

Comparando os valores simulados nos seis casos, verifica-se que a maior diferença ocorre no caso 6, onde a supressão das aberturas zenitais resulta em uma diminuição de 65% no valor das trocas de ar por hora em relação ao caso base.

Por outro lado, destaca-se o resultado positivo do caso 4, onde a mudança de tipo de terreno do centro da cidade para um campo com apenas algumas barreiras arquitetônicas provocou um aumento percentual de 63% em relação ao caso base.

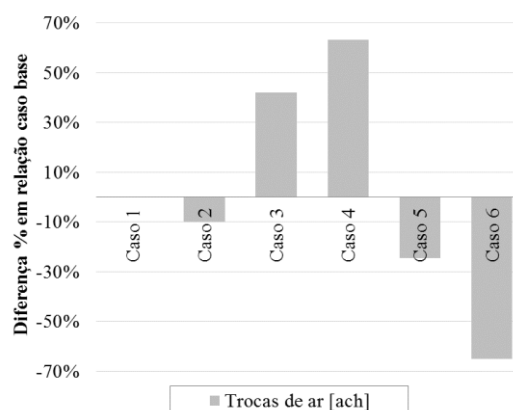


Figura 11 – Diferença percentual das trocas de ar por hora simuladas em relação ao caso base.

4.2. Ganho de calor pelas janelas (W)

A Figura 12 e Figura 13 apresentam os resultados das simulações do ganho de calor pelas janelas nos dias 04 de 15 de janeiro. Observa-se que o maior valor encontrado foi no caso 2. Neste modelo, houve a modificação da orientação. Enquanto no caso base a enfermaria localizava-se no eixo norte-sul, no caso 2 modificou-se para o eixo leste-oeste. Desta forma, retira-se a fachada sul e acrescenta-se a fachada ensolarada leste à enfermaria, resultando em um maior ganho de calor pelas janelas.

Os menores valores de ganho de calor pelas janelas ocorrem nos casos 1, 5 e 6. No caso 1, a adoção de brises protege o ganho de calor pela radiação solar direta que incide na janela. Nos casos 5 e 6, a supressão de áreas de abertura evitam o ganho de calor, porém comprometem o aproveitamento da ventilação natural, conforme visto na análise das trocas de ar. O desempenho do caso 6 é ainda melhor devido a mudança da tipologia da cobertura, tendo sido substituídas as coberturas planas com maior transmitância térmica ($U=2,95W/(m^2.K)$) por coberturas inclinadas ($U=1,79W/(m^2.K)$) em todo o telhado.

Apenas nos casos 3 e 4, o ganho de calor se manteve praticamente estável em relação ao caso base, o que demonstra que o programa não é sensível as diferenças no ganho de calor provocadas pelos diferentes tipos de terrenos.

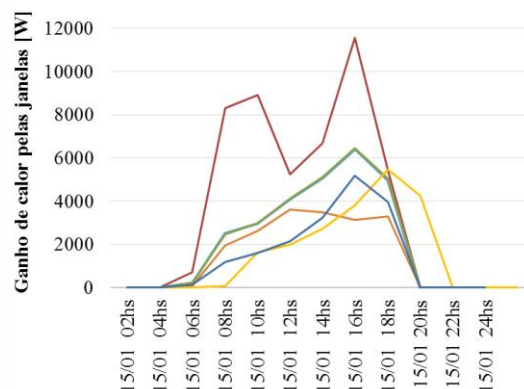
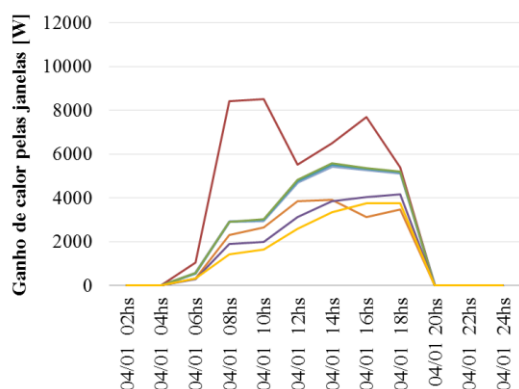


Figura 12 – Simulação do ganho de calor pelas janelas no dia 04 de janeiro.

Figura 13 – Simulação do ganho de calor pelas janelas no dia 15 de janeiro.



A Figura 14 mostra o gráfico comparativo da diferença percentual do ganho de calor pelas janelas em relação ao caso base. Com exceção dos casos 3 e 4, onde a diferença é baixa, houve alterações significativas em todos os demais casos.

Nos casos 1, 5 e 6 houve diminuição no ganho de calor com percentuais de -29%, -23% e -25%, respectivamente, em relação ao caso base. Destaca-se o resultado positivo do caso 1, onde a adoção de brises protege o ganho de calor pela radiação solar direta que incide na janela.

O caso 2 apresentou o pior resultado com um acréscimo percentual de 41% no ganho de calor em comparação com o caso base. Enquanto no caso base a enfermaria apresentava aberturas nas fachadas norte, oeste e sul; no caso 2 as janelas estão voltadas para o norte, oeste e leste. A presença de janelas na fachada leste provocou o aumento do ganho de calor de 2217W (caso base) à 3748W (caso 2).

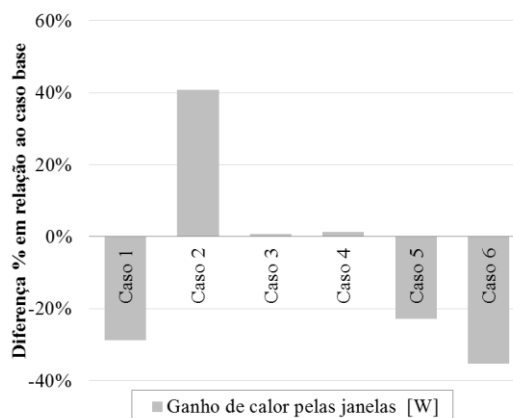


Figura 14 – Diferença percentual do ganho de calor pelas janelas em relação ao caso base.

4.2. Conforto térmico adaptativo

A Figura 15 e Figura 16 apresentam os resultados das simulações das temperaturas operativas nos dias 04 de 15 de janeiro e sua relação com a zona de conforto térmico adaptativo estabelecido pela ASHRAE Standard 55 (2013). Observa-se que no dia 04 de janeiro as temperaturas operativas são mais elevadas e variam de 23,1°C à 27,1°C. Já no dia 15 de janeiro, as temperaturas operativas são levemente inferiores e apresentam maior variabilidade, indo de 20,6°C à 28,1°C ao longo do dia.

Apenas no dia 04 de janeiro o limite de 80% de aceitabilidade é ultrapassado. Com exceção do caso 6, todos os casos estão em desconforto por calor entre às 14hs e 18hs. Neste período, o caso 6 encontra-se dentro do limite informativo de 90% de aceitabilidade.

No dia 15 de janeiro, as temperaturas mais amenas não elevam a temperatura operativa a ponto de ultrapassar o limite de 80% de aceitabilidade. Ao contrário, observam-se entre as 4hs e 6hs situações de aproximação no limite inferior da zona de conforto, referente ao desconforto pelo frio. No entanto, a partir das 8hs a temperatura se eleva bastante atingindo seu pico às 16hs, ultrapassando o limite de 90% de aceitabilidade em todos os casos, com exceção dos casos 4 e 6.

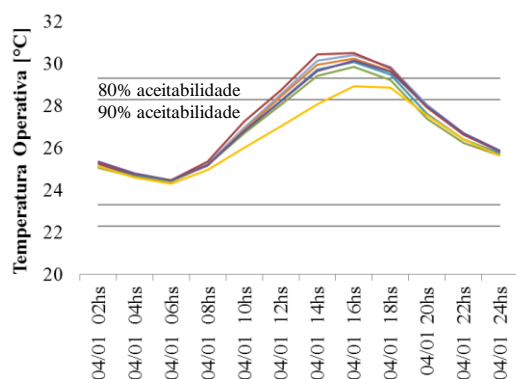


Figura 15 – Simulação da temperatura operativa e os limites de aceitabilidade pelo conforto térmico adaptativo no dia 04 de janeiro.

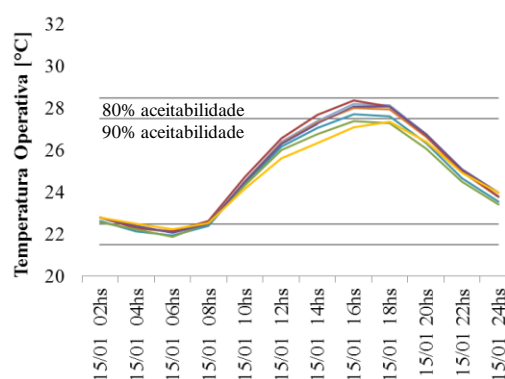


Figura 16 – Simulação da temperatura operativa e os limites de aceitabilidade pelo conforto térmico adaptativo no dia 15 de janeiro.



A Figura 17 apresenta o gráfico das horas anuais fora do limite normativo de 80% de aceitabilidade estabelecido pela ASHRAE Standard 55 (2013). A média para os sete casos, incluindo o caso base, é de 2532 horas anuais em desconforto.

Apesar das diferenças observadas nas análises das trocas de ar e do ganho de calor pelas janelas nos dias 04 de 15 de janeiro, ao longo do ano verifica-se pouca variabilidade nas horas fora da zona de conforto térmico entre os casos simulados.

Apenas o caso 6 apresenta uma variação mais significativa em relação ao caso base. Quando comparada anteriormente aos outros casos, a supressão das aberturas zenitais reduz significativamente o ganho de calor pelas janelas, resultando em 6534 horas em conforto, enquanto o caso base apresenta 6179 horas em conforto. Desta forma, a mudança de tipologia da cobertura proposta pelo caso 6 obteve uma melhora no desempenho térmico da edificação ao longo do ano.

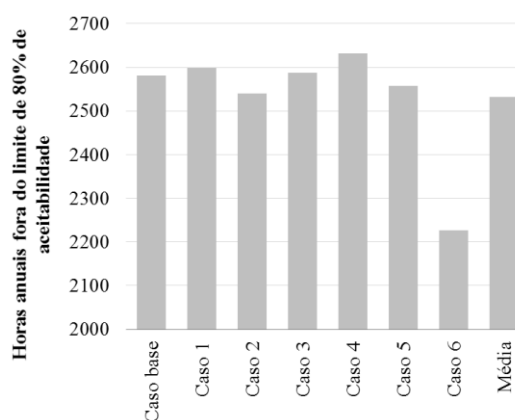


Figura 17 – Horas anuais fora do limite de 80% de aceitabilidade segundo ASHRAE Standard 55.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho analisa a influência de alterações no projeto padrão de uma UPA em Florianópolis sobre o desempenho térmico do ambiente da enfermaria. A partir da comparação entre os valores de trocas de ar, ganho de calor pelas janelas e as horas em conforto térmico pelo modelo adaptativo é possível verificar a importância de um projeto atento às condições climáticas locais.

Destaca-se o impacto do tipo de terreno sobre as trocas de ar no ambiente interno, bem como a adoção de brises e aberturas zenitais sobre o ganho de calor pelas janelas. O tipo de terreno varia de acordo com a presença de barreiras arquitetônicas, que comprometem o aproveitamento da ventilação natural. Já a adoção de brise nas janelas - Caso 1 - resulta em um decréscimo significativo (29%) no ganho de calor. Apesar disso, as maiores alterações nos resultados de conforto térmico são provocadas pela mudança de tipologia da cobertura, representada pelo caso 6.

A partir dos resultados obtidos, conclui-se que a diminuição no ganho de calor conquistada pela supressão das aberturas zenitais do caso 6 apresenta uma melhoria significativa (25%) no conforto térmico da enfermaria ao longo do ano. Assim, estes casos comprovam a importância do controle solar na envoltória como uma orientação prioritária para adaptar o projeto de UPA para a cidade de Florianópolis. Esta estratégia também garante uma temperatura operativa aceitável para 90% dos pacientes da UPA conforme o modelo adaptativo de conforto.

As mudanças no desempenho térmico dos diferentes casos evidenciam o desafio de adaptação do projeto ao seu local de implantação. Não cabe ao presente artigo questionar o projeto-padrão proposto pelo Ministério da Saúde para as UPAs, mas recomenda-se atenção ao modo de construir nas diversas cidades do país, regionalizando as construções para atenderem às necessidades climáticas locais. Assim, para adaptar o projeto-padrão a Florianópolis, sugere-se implantar em terrenos que possibilitem o aproveitamento dos ventos predominantes (norte, nordeste ou sul); utilizar proteção solar nas aberturas e alterar a tipologia da cobertura com planos inclinados em todo o telhado e sem aberturas zenitais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15.220 – Desempenho Térmico de Edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. ASHRAE Standard 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta, 2013.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2048**, de 05 de novembro de 2002. Aprova o regulamento técnico dos sistemas estaduais de urgência e emergência. Diário Oficial da União, Brasília, 2002.
- _____. Ministério da Saúde. **Projeto Padrão UPA 24hs**. Disponível em: <http://dab2.saude.gov.br/sistemas/sismob/projeto_padrao_upa.php>. Acesso em: 4 nov. 2016.
- _____. Ministério da Saúde. **Unidades ajudam a desafogar os prontos-socorros**. Portal saúde, Brasília, 28 jul. 2014. <<http://www.brasil.gov.br/saude/2011/08/unidades-ajudam-a-desafogar-os-prontos-socorros>>. Acesso em: 30 jan. 2017.
- HWANG, R.-L.; LIN, T.-P.; CHENG, M.-J.; CHIEN, J.-H. Patient thermal comfort requirement for hospital environments in Taiwan. **Building and Environment**, v. 42, n. 8, p. 2980–2987, 2007.
- KHODAKARAMI, J.; KNIGHT, I.; NASROLLAHI, N. Reducing the demands of heating and cooling in Iranian hospitals. **Renewable Energy**, v. 34, n. 4, p. 1162–1168, 2009.
- LOMAS, K. J.; JI, Y. Resilience of naturally ventilated buildings to climate change: Advanced natural ventilation and hospital wards. **Energy and Buildings**, v. 41, n. 6, p. 629–653, 2009.
- LUKIANCHUKI, Marieli Azoia; SOUZA, Gisela Barcellos de. Humanização da arquitetura hospitalar: Entre ensaios de definições e materializações híbridas. **Arquitextos**, São Paulo, ano 10, n. 118.01, Vitruvius, mar. 2010.
- OMS - ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings. Switzerland, 2009.
- PEREIRA, Helena A. C.; MELO, Ana Paula de; VERSAGE, Rogério; SORGATO, Márcio; LAMBERTS, Roberto. **Manual de simulação computacional de edifícios naturalmente ventilados no programa Energyplus: Versão 8.0**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Florianópolis, out. 2013. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Manual_Ventilacao_v8_0.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2016.
- SZKLO, A. S.; SOARES, J. B.; TOLMASQUIM, M. T. Energy consumption indicators and CHP technical potential in the Brazilian hospital sector. **Energy Conversion and Management**, v. 45, n. 13-14, p. 2075–2091, 2004.
- ULRICH, R.; QUAN, X.; ZIMRING, C.; JOSEPH, A.; CHOUDHARY, R. **The Role of the Physical Environment in the Hospital of the 21st Century: A Once-in-a-Lifetime Opportunity**. Relatório para The Center of Health Design. Concord, 2004.
- VERHEYEN, J.; THEYS, N.; ALLONSIUS, L.; DESCAMPS, F. Thermal comfort of patients: Objective and subjective measurements in patient rooms of a Belgian healthcare facility. **Building and Environment**, v. 46, n. 5, p. 1195–1204, 2011.
- YAU, Y. H.; CHANDRASEGARAN, D.; BADARUDIN, A. The ventilation of multiple-bed hospital wards in the tropics: A review. **Building and Environment**, v. 46, n. 5, p. 1125–1132, 2011.