

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

IMPACTO DA TEMPERATURA DE CONTROLE NA OPERAÇÃO DAS JANELAS E NO CONFORTO TÉRMICO PARA UMA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL NATURALMENTE VENTILADA EM SÃO CARLOS – SP¹

MARIN, Héctor F. (1); CASATEJADA, M. Pilar (2); CHVATAL, Karin M. S. (3)

(1) IAU, e-mail: arq.hectormarin@gmail.com; (2) IAU, e-mail:
pilarcasatejadagil@gmail.com; (3) IAU, e-mail: uspkarin2015@gmail.com

RESUMO

O uso da ventilação natural como estratégia de resfriamento passivo é amplamente estudado por diferentes autores, que avaliam sua eficácia para garantir o conforto térmico dos usuários em projetos arquitetônicos, especialmente em habitações de interesse social (HIS). Assim, este artigo propõe estudar a influência da temperatura de controle (temperatura de *setpoint*) na modelagem no módulo *AirflowNetwork* do programa *EnergyPlus* para uma HIS naturalmente ventilada em São Carlos-SP, para possibilitar simulações mais precisas e confiáveis. Esse impacto é avaliado em relação à operação das janelas e ao conforto térmico da HIS. As alternativas de temperaturas de controle analisadas foram obtidas a partir dos seguintes critérios: (a) método de Conforto Adaptativo fornecido pela ASHRAE 55 (ASHRAE 2013), e (b) temperatura de controle proposta pelo RTQ-R (INMETRO, 2012). O padrão de comportamento da abertura das janelas mostrou a necessidade do uso da ventilação noturna para São Carlos no período de verão. Estas alternativas de modelagem geraram uma diferença significativa tanto na operação das janelas quanto na quantidade de graus-hora de desconforto. Portanto, observou-se uma forte relação entre a temperatura de controle e o uso da ventilação natural.

Palavras-chave: Temperatura de controle. Ventilação natural. *EnergyPlus*. *Airflow Network*.

ABSTRACT

The use of natural ventilation as a passive cooling strategy is widely studied by different authors. They evaluate its efficacy for promoting the thermal comfort for the users in architectural projects, specially in social housing. The aim of this study is to establish the impact of the setpoint temperatures modeling in the Airflow Network model of EnergyPlus (EP) program for a social housing naturally ventilated in São Carlos, São Paulo to enable more accurate and reliable simulations. This impact is evaluated regarding to the windows operability and to the environmental comfort of that social housing. The alternative of setpoint temperatures analyzed were obtained through: (a) method of acceptable operative temperature suggested by ASHRAE 55 (ASHRAE, 2013), and (b) setpoint proposed by RTQ-R (INMETRO, 2012). The pattern of windows operability showed the need of night ventilation used during summer time for São Carlos. Those modeling alternatives generated a pronounced difference for both, opening factor and the amount of degree-hours of

¹ MARIN, Héctor F.; CASATEJADA, M. Pilar; CHVATAL, Karin M. S.. Impacto da temperatura de controle na operação das janelas e no conforto térmico para uma habitação de interesse social naturalmente ventilada em São Carlos – SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

discomfort. Therefore, it was observed a strong relationship between the setpoint temperatures and the natural ventilation.

Keywords: Setpoint. Natural ventilation. EnergyPlus. Airflow Network.

1 INTRODUÇÃO

Em regiões tropicais, o resfriamento por ventilação é uma das melhores alternativas para garantir o conforto térmico nas habitações. A norma NBR 15220 (ABNT, 2005), que apresenta o Zoneamento Bioclimático Brasileiro sugere a ventilação natural como estratégia para a maioria das regiões do Brasil, especialmente para as zonas mais quentes e úmidas. Além disto, o uso desta estratégia em países em desenvolvimento, como o Brasil, representa uma opção viável para a população que não tem acesso ao uso de ar condicionado. Os principais benefícios da ventilação natural são: (a) remover os ganhos de calor armazenados pela estrutura da edificação quando a temperatura externa é menor que a interna, (b) promover o resfriamento a partir da evaporação do suor e das trocas de calor devido ao movimento contínuo do ar, melhorando as condições de conforto, e (c) garantir a qualidade deste ar no interior das edificações, através de renovações do ar interno, removendo desta forma os poluentes presentes no ambiente, aspecto importante para a saúde dos usuários (CANDIDO; BITTENCOURT, 2008; GIVONI, 1976). No entanto, segundo Givoni (1992), enquanto que a qualidade do ar não depende das condições climáticas do local, para o conforto térmico estas precisam ser consideradas.

Quanto à ventilação noturna, o seu grande potencial como estratégia de conforto passivo consiste na remoção do calor armazenado pela estrutura durante o dia. Seus principais benefícios são os seguintes: redução do pico de temperatura no dia seguinte, redução da faixa de variação de temperatura durante o dia, especialmente no período matutino, e criação de um tempo de atraso entre as temperaturas máximas externas e internas. É importante que as baixas temperaturas não gerem desconforto por frio, e exista um fluxo de ar adequado no ambiente (SANTAMOURIS; WOUTERS, 2006).

Atualmente, existem programas computacionais que permitem simulações do desempenho térmico e preveem o consumo energético das edificações e de seus sistemas de climatização, sendo um deles o *EnergyPlus* (EP) (EERE, 2012). Esta ferramenta utiliza os conceitos fundamentais do balanço de energia aplicados ao modelo do edifício. O EP é composto por diferentes módulos, nos quais são inseridas as características do edifício e de seus sistemas (EERE, 2012). Um desses módulos é o *AirflowNetwork* que tem como base de cálculo algoritmos denominados “modelos de rede”. Estes modelos simulam o fluxo de ar numa edificação a partir de uma fórmula simplificada que considera o potencial de uso da ventilação como recurso de resfriamento (SANTAMOURIS; ALLARD, 1998).

Para a modelagem no *AirflowNetwork* é preciso fornecer os dados de entrada com os quais o programa vai simular. Estes parâmetros agrupam-se

em quatro módulos: controle de simulação, caracterização das zonas térmicas, das superfícies e das aberturas da envolvente. No entanto, existem incertezas na modelagem de vários destes parâmetros, como a temperatura de controle inseridos nos módulos para a caracterização das zonas térmicas e das superfícies, podendo comprometer a confiabilidade de dados de saída, como as renovações de ar e a quantidade de graus-hora de desconforto (SORGATO, 2009). A temperatura de controle (temperatura de *setpoint*) é aquela pela qual se faz o controle da operação das portas e janelas (abertura e fechamento) para permitir a ventilação natural (EERE, 2012). A temperatura de controle sugerida pelo método de simulação do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) (INMETRO, 2012), para edificações naturalmente ventiladas, é de 20°C, no período das 9 às 20 horas. Por outro lado, a norma *ASHRAE Standard 55 Environmental Conditions for Human Occupancy* (ASHRAE, 2013) a partir da incorporação em 2004 do modelo adaptativo de Dear e Brager (2002), avalia o conforto térmico em ambientes naturalmente ventilados com base na hipótese de que as pessoas tendem a se adaptar às condições ambientais de seu entorno. O cálculo dos limites superior e inferior que delimitam a faixa de conforto ocorre a partir de uma relação entre a temperatura externa e a temperatura operativa da zona analisada. Estes valores são variáveis ao longo do ano e podem ser designados para duas faixas de aceitabilidade, 80% e 90% das pessoas satisfeitas com a temperatura. É importante avaliar o impacto da adoção desses diferentes critérios para a abertura das janelas tanto no comportamento da ventilação natural quanto na avaliação do conforto, sendo esta a principal proposta deste trabalho.

2 OBJETIVOS

Comparar o impacto na operação das janelas e na avaliação do conforto térmico de uma habitação de interesse social (HIS) naturalmente ventilada devido à modelagem de diferentes temperaturas de controle no *EnergyPlus*.

3 METODOLOGIA

3.1 Modelo de edifício

O objeto de estudo desta pesquisa é uma HIS localizada em São Carlos – SP, que apresenta uma geometria simples (retangular, térrea, isolada, sem geminação) de 37,7 m², composta de sala, cozinha, banheiro e dois quartos. Tanto a geometria, quanto as características construtivas da habitação empregada foram adotadas a partir dos trabalhos realizados por Marques (2013) e Chvatal (2014). Esta, por sua vez, configura uma solução tipológica representativa das HIS do estado de São Paulo. As simulações foram realizadas no programa *EnergyPlus* (EERE, 2012), e a geometria foi modelada com o *plug-in Open Studio* para *SketchUp* (TRIMBLE, 2012). As cargas internas e os períodos de ocupação foram considerados de acordo com os valores

indicados pelo RTQ-R (INMETRO, 2012). Neste artigo são apresentados os resultados apenas para a Zona 3 (Quarto), por ser um ambiente de maior permanência, além de apresentar comportamentos térmicos similares às zonas restantes. A orientação definida nas simulações foi adotada com respeito aos ventos predominantes para a cidade de São Carlos (sudeste) de forma que atingissem a zona estudada. Os Quadros 1 e 2 apresentam as características geométricas, construtivas e especificidades da ocupação.

Quadro 1 – Caracterização do Projeto de HIS, São Carlos – SP

Plantas e vistas	
Tipologia arquitetônica	Zonas térmicas estudadas
Vista fachada frontal	Fachadas
Características gerais	
Casa térrea	Área total: 37,7m ²
	Pé-direito: 2,7m
Características construtivas	
Paredes externas	Bloco de concreto furado de 19 cm
Paredes internas	Bloco de concreto furado de 14 cm
Revestimento	Reboco e pintura branca
Janelas	Vidro incolor, 4 mm
Laje	Laje de concreto (8 cm)
Piso	Brita (3cm) + concreto (8 cm)+ revestimento cerâmico (5cm)
Cobertura	Telha cerâmica (0,1 cm)

Fonte: Adaptado de Marques (2013)

Quadro 2 – Dados de entrada no programa EP “continua”

Parâmetros	
Área de janela em relação à parede externa do ambiente	20% (Z3 quarto / Z4 quarto / Z5 sala) 10% (Z1 cozinha / Z2 banheiro)
Vidro Cor/Espessura	Incolor/4mm

Transmitância térmica	
Paredes externas	2,62 W/m ² K
Paredes internas	2,70 W/m ² K
Sistema de cobertura	2,10 W/m ² K

Quadro 2 – Dados de entrada no programa EP “conclusão”

Absortância	Solar			Visível
Paredes externas	0,65			0,5
Paredes internas	0,65			0,5
Cobertura	0,75			0,5
Padrão de uso				
	Z5: Sala	Z3: Quarto 1	Z4: Quarto 2	Z1: Cozinha
Iluminação	6 W/m ²	5 W/m ²	5 W/m ²	6 W/m ²
	17h-22h	7h-8h/21h-23h	7h-8h/21h-23h	12h-14h/18h-20h
Ocupação	14h-22h	22h - 08h	22h - 08h	12h-14h/18h-20h
Equipamentos	7h/21h-23h	Não se aplica		
Temperatura do solo	Igual à média mensal da temperatura externa			

3.2 Modelagem da ventilação natural

A ventilação natural foi modelada através do módulo *AirflowNetwork*. Uma variável importante para as simulações no EP é a modelagem da temperatura de controle para os diferentes casos de estudo. Esse parâmetro habilita as aberturas das janelas e portas e define os limites de temperatura para que ocorra a ventilação natural. Para todas as alternativas propostas, os requisitos para que houvesse ventilação foram: a temperatura interior do ar maior que a temperatura externa do ar ($T_{int} > T_{ext}$) e a temperatura interna do ar maior que a temperatura de controle ($T_{int} > T_{controle}$). A ventilação foi permitida 24hs/dia, no entanto, é importante ressaltar que a ventilação só ocorreu nos momentos em que as duas condições apresentadas foram satisfeitas simultaneamente. Adotaram-se os coeficientes médios de pressão do vento para cada fachada (*INPUT: SURFACE AVERAGE CALCULATION*) gerados automaticamente pelo programa para geometrias retangulares.

3.3 Casos de estudo

As variáveis analisadas foram as temperaturas de controle definidas em cada caso para a cidade de São Carlos – SP, como se expõe no Quadro 3.

Quadro 3 – Descrição das variáveis estudadas

Casos	Tcontrole	Referencia
Caso 1 (C1)	Temperatura de conforto (Temperatura variável ao longo do ano)	ASHRAE-55
Caso 2 (C2)	Limite inferior de conforto (Temperatura variável ao longo do ano)	ASHRAE-55
Caso 3 (C3)	20°C (Temperatura fixa ao longo do ano)	RTQ-R

Os dados de saída foram obtidos em formato de arquivo de texto (csv) a partir do qual foi realizado o pós-processamento dos dados.

3.4 Definição dos períodos e de seus dias representativos para São Carlos –SP

Foi necessário criar um método que permitisse distinguir períodos padrões para um ano, referentes à abertura das janelas para os três casos de estudo. Com este objetivo, foram realizados gráficos para cada mês, nos quais foram plotados os seguintes parâmetros, para cada hora do dia: (a) média das temperaturas externas, (b) média das temperaturas internas, (c) média de renovações de ar por hora, e (d) fator de abertura das janelas. Visualmente conseguiu-se identificar padrões similares referentes à abertura das janelas entre os meses do ano, o que permitiu agrupá-los nos diferentes períodos apresentados no Quadro 4. Observa-se que os períodos resultantes são distintos dependendo dos casos (C1, C2 ou C3). Também foi escolhido um dia, dentro do período, que representasse esse comportamento. Para a escolha desse dia, analisaram-se visualmente gráficos diários com os seguintes parâmetros: (a) temperatura exterior, (b) fator de abertura das janelas, e (c) renovações de ar por hora. Como critério final, entre os dias que apresentavam um comportamento similar ao período, escolheu-se um dia que atendesse a todos os casos, permitindo assim ter o mesmo dia para cada período padrão, para todos os casos. No Quadro 4 mostram-se os dias representativos escolhidos.

Quadro 4 – Definição dos períodos padrões e dia representativo para cada um dos casos de estudo

Nome	Verão	Meia-estação	Inverno
Caso 1 (C1)	Outubro – Março	Abril, agosto, setembro.	Maio-Julho
Caso 2 (C2)	Agosto- Junho	-----	Julho
Caso 3 (C3)	Agosto- Abril	-----	Maio- Julho
Dia representativo	17 de fevereiro	19 de agosto	15 de junho

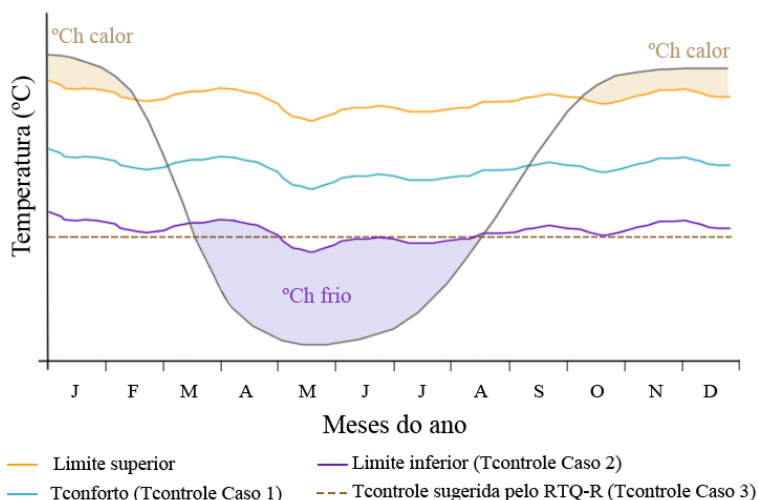
Destaca-se que, segundo a metodologia adotada, para os casos 2 e 3 não foi distinguido o período de meia-estação porque as temperaturas de controle para estes casos são menores. Isto faz com que as diferenças entre os períodos padrões do ano sejam diferentes para cada caso.

3.5 Quantificação do desconforto

A partir dos limites de conforto inferior e superior definidos pelo método da ASHRAE-55 (ASHRAE, 2013), foi possível obter os graus-hora de desconforto (°Ch) por calor e por frio. Tais limites representam a quantidade de horas em um período de tempo no qual a temperatura operativa de uma zona excede os limites gerados a partir dessa norma. Para o presente artigo foram quantificados somente os graus-hora de desconforto para a zona 3 (Quarto). A Figura 1 exemplifica a metodologia seguida para o cálculo dos graus-hora de desconforto ao longo de um ano segundo o método adaptativo e

apresenta as alternativas de temperaturas de controle utilizadas para cada caso.

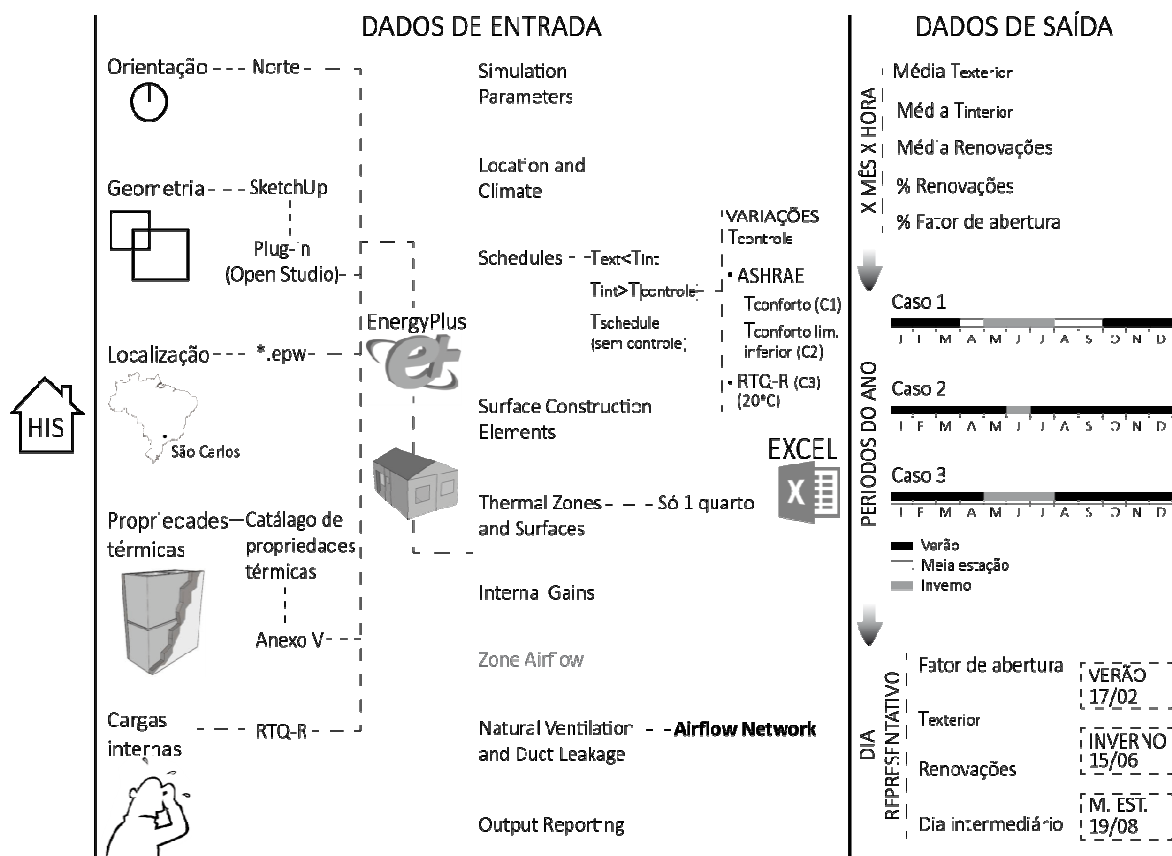
Figura 1 – Exemplo de determinação de graus-hora (°C)



Fonte: Os autores

A Figura 2 apresenta o fluxograma de todo o processo metodológico em que se baseia o presente estudo.

Figura 2 – Fluxograma da metodologia aplicada



Fonte: Os autores

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a metodologia apresentada no item anterior, optou-se por uma análise de cinco variáveis para os mesmos dias representativos de cada período padrão (verão, inverno e meia estação), para cada um dos casos de estudo. Tal análise tem como objetivo entender o comportamento da ventilação natural por meio da operação das janelas. A duração desses períodos padrões foi diferente para cada um dos casos, conforme explicado na metodologia.

4.1 Período de verão

Os gráficos 1, 2 e 3 apresentam o comportamento da ventilação natural para um dia de verão (dia representativo escolhido -17/02) considerando os três casos de estudo. No Caso 1, a temperatura de controle é 24 °C, no Caso 2, 21°C e no Caso 3, 20°C. Identificou-se que, ao diminuir a temperatura de controle, as janelas abriram por mais tempo.

Observou-se que os períodos de abertura das janelas corresponderam principalmente ao período noturno. Notou-se que a partir das 17h, quando a temperatura externa começou diminuir, foi o momento em que o uso da ventilação natural foi requerido a fim de eliminar os ganhos de calor diurnos.

Identificou-se que os Casos 2 e 3 apresentaram maiores taxas de renovação de ar e maiores fatores de abertura. A abertura de janelas (Casos 2 e 3) teve um comportamento similar ao observado no Caso 1 quando foram utilizadas temperaturas de controle menores. Por exemplo, no Caso 1, as janelas se fecharam às 7h, uma vez que a temperatura interna se manteve abaixo da temperatura de controle. Já nos Casos 2 e 3, pelo limite ser menor, elas só fecharam às 11h, e a partir desse horário a temperatura externa se elevou, sendo maior que a interna e assim, não permitindo a ventilação.

Gráfico 1 – Caso 1: Dia representativo de verão (17/02)

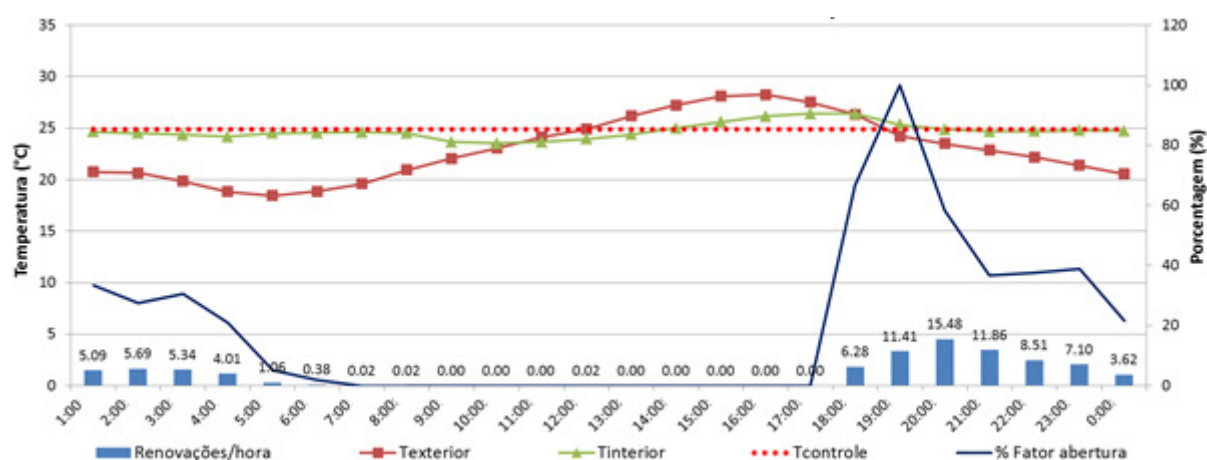


Gráfico 2 – Caso 2: Dia representativo de verão (17/02)

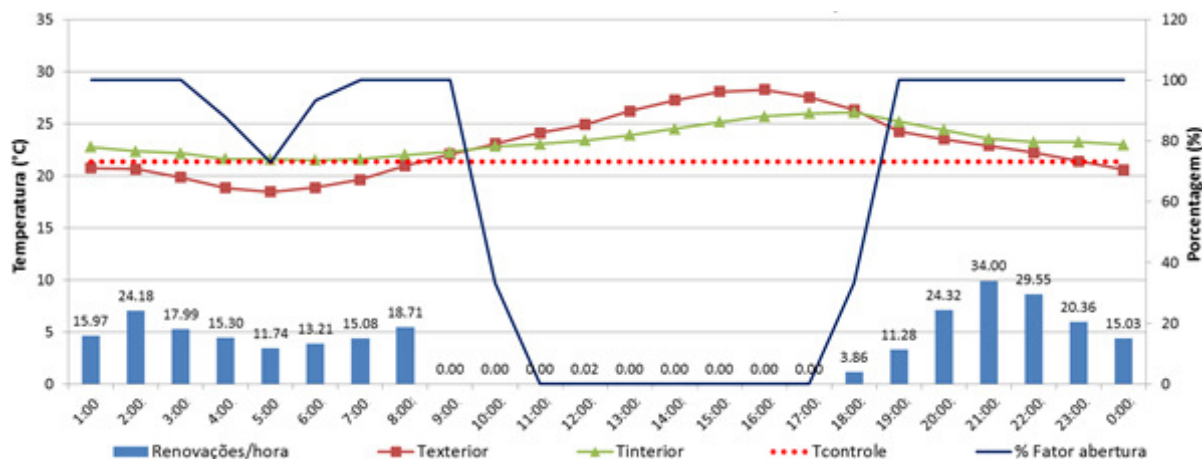
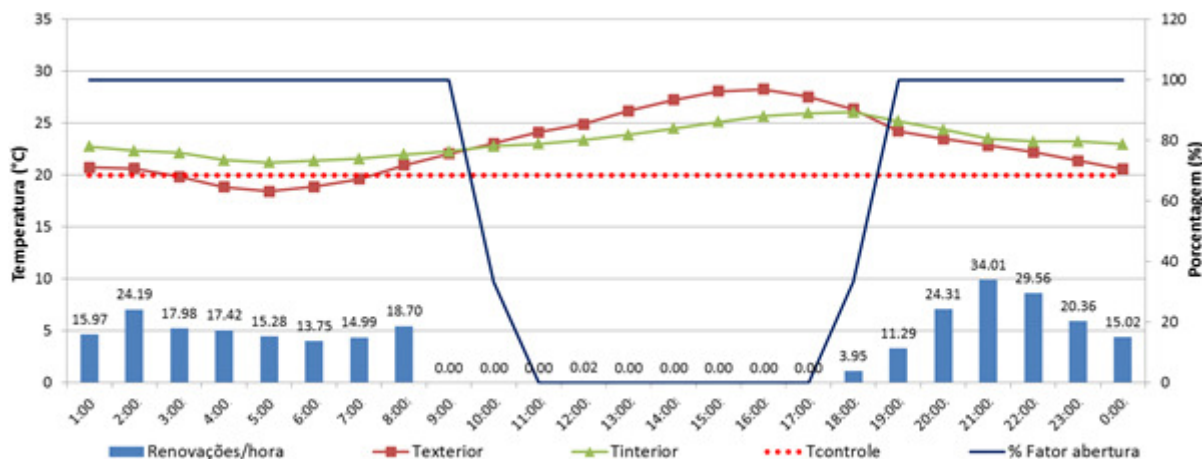


Gráfico 3 – Caso 3: Dia representativo de verão (17/02)

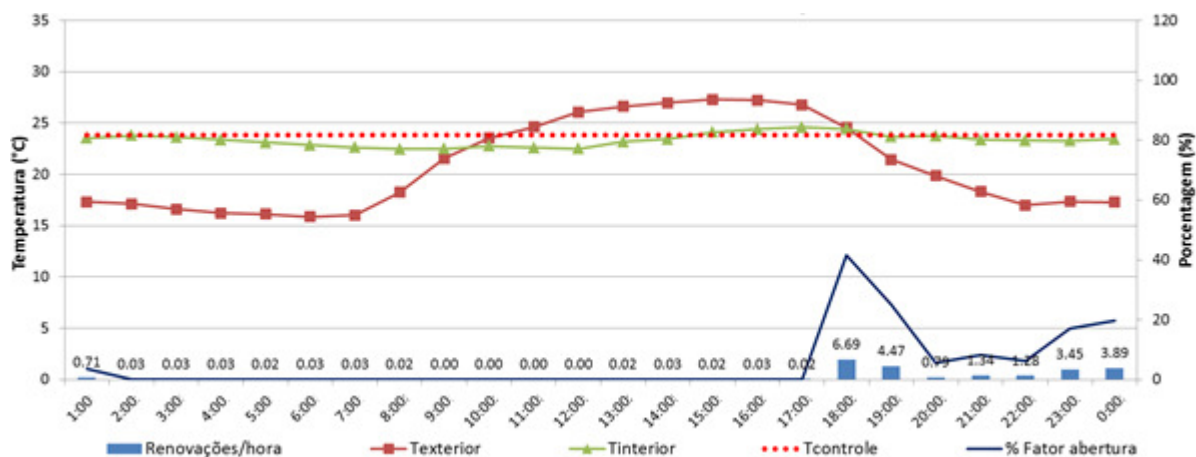


4.2 Período de meia-estação

A meia-estação foi analisada apenas para o Caso 1, sendo caracterizado o uso da ventilação natural no horário noturno, similar ao período de verão. No entanto, este período caracterizou-se por menores períodos de abertura de janelas, e, como resultado, menores renovações de ar por hora. Isto foi observado, por exemplo, no dia representativo (19 de agosto).

A abertura das janelas ocorreu no período das 18h às 2h. Neste caso, a temperatura de controle gerada pelo índice de conforto adaptativo foi de 23°C, porém a temperatura interna ficou a maior parte do tempo abaixo desse limite. Este comportamento é ilustrado no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Caso 1: Dia representativo de meia-estação (19/08)



4.3 Período de inverno

Neste período, o dia representativo escolhido foi 15 de junho, e para ele, as temperaturas de controle foram as seguintes: 23°C (Caso 1), 19 °C (Caso 2) e 20°C (Caso 3). O período de inverno apresentou um padrão bem diferenciado quando comparado ao período de verão, como pode se verificar nos Gráficos 5, 6 e 7. Observa-se que tanto a porcentagem de abertura de janelas como a taxa de renovação de ar são muito menores no inverno. Embora, observe-se que para os casos com temperatura de controle menores (casos 2 e 3), houve ocasionalmente abertura das janelas quando se atingiram simultaneamente os critérios de ventilação dados pelo EP ($T_{ext} < T_{int}$; $T_{int} > T_{controle}$; $T_{schedule}$), especialmente nos períodos noturnos.

Gráfico 5 – Caso 1: Dia representativo de inverno (15/06)

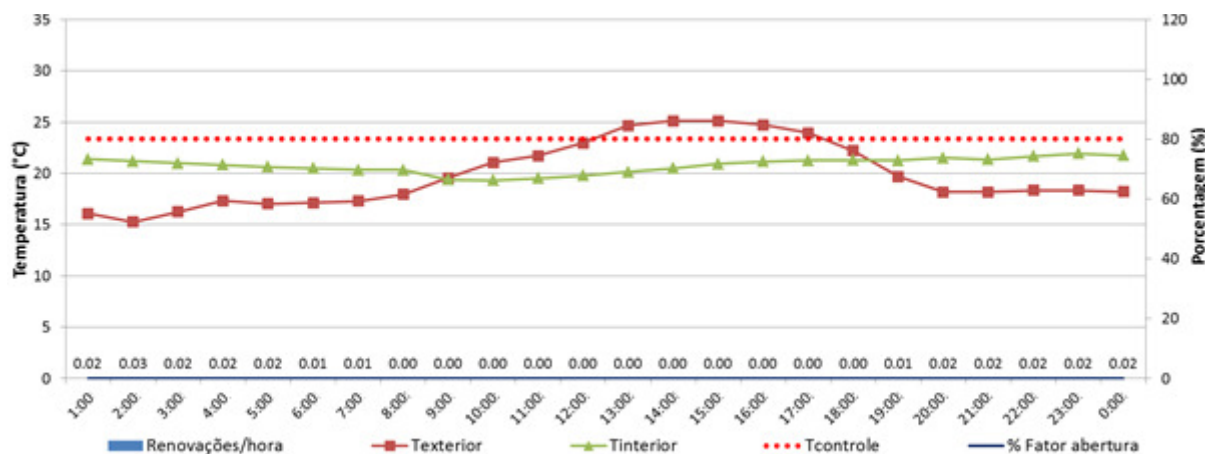


Gráfico 6 – Caso 2: Dia representativo de inverno (15/06)

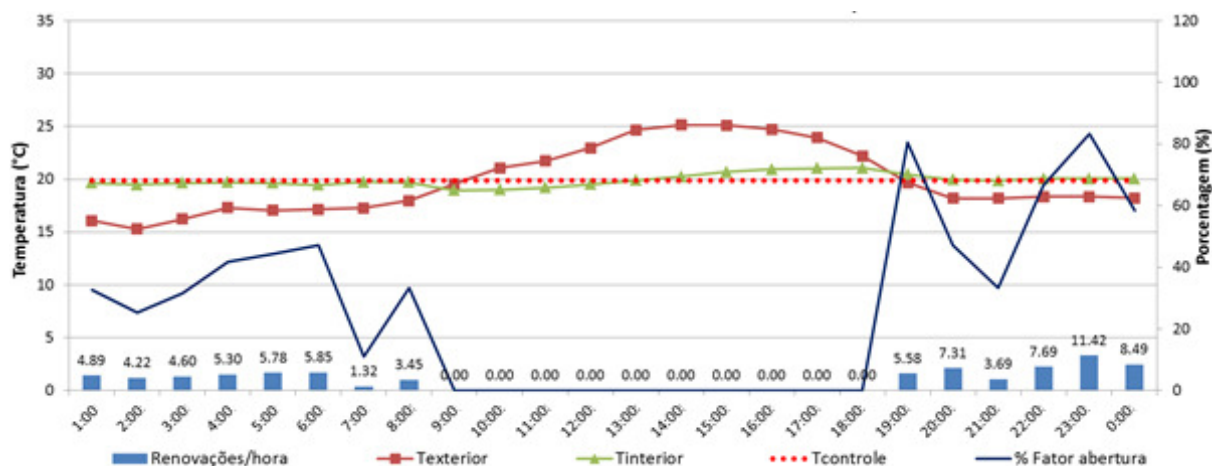
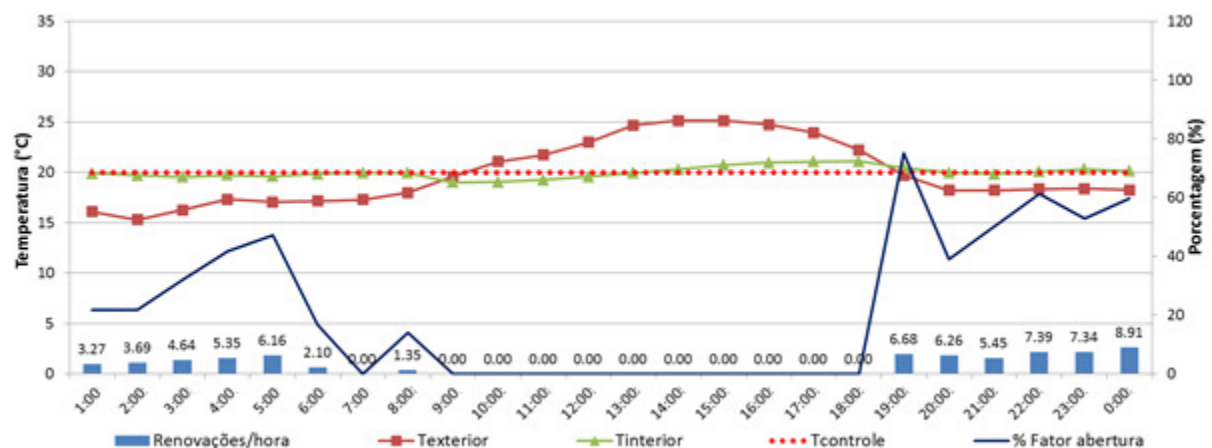


Gráfico 7 – Caso 3: Dia representativo de inverno (15/06)



4.4 Graus-hora de desconforto

No gráfico 8 comparou-se as diferentes temperaturas de controle aplicadas para cada caso de estudo e a temperatura operativa da zona 3 (Quarto). Observa-se que a temperatura de controle do Caso 2, correspondente ao limite inferior da faixa de conforto do método ASHRAE-55, ficou abaixo da temperatura de controle obtida pelo regulamento RTQ-R (Caso 3) apenas nos meses de inverno. Isso resultou em menos graus-hora de desconforto por frio no Caso 2, comparado ao Caso 3, conforme pode ser visto na tabela 1. No verão, ambos os casos apresentaram quantidades similares de graus-hora de desconforto por calor.

No Caso 1, observou-se uma maior quantidade de graus-hora de desconforto por calor, e uma menor por frio quando comparados aos períodos dos outros casos. A maior diferença, observada foi de 952 graus-hora de desconforto por frio para o Caso 3. Foi identificado um comportamento semelhante das temperaturas operativas nos três casos para os meses mais frios do ano. Essa constatação pode ser justificada pela pelo grande quantidade de horas em que as janelas se mantem fechadas neste período.

Gráfico 8 – Gráfico comparativo do índice de conforto adaptativo (80%) para os Casos 1, 2 e 3

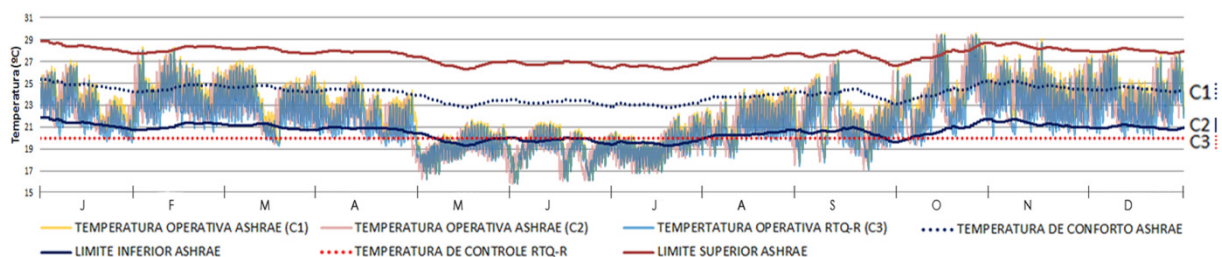


Tabela 1 – Resumo graus-horas de desconforto para os Casos 1, 2 e 3

	°Ch desconforto calor	°Ch desconforto frio
Caso 1/Tconforto	45	1941
Caso 2/límite inferior de conforto	35	2618
Caso 3/20°C	35	2893

5 CONCLUSÕES

Pode-se concluir que a escolha da modelagem da temperatura de controle para simulações da ventilação natural no *EnergyPlus* (EP) está diretamente relacionada à operação das janelas e conseqüentemente ao aproveitamento do potencial de resfriamento por esta estratégia. Portanto, o aprimoramento dos parâmetros de entrada é determinante para a confiabilidade dos resultados fornecidos por este programa computacional.

Observou-se que o caso com maior graus-hora de desconforto por calor no verão foi aquele com temperatura de controle maior. Do mesmo modo, no inverno, temperaturas de controle menores obtiveram maiores graus-hora de desconforto por frio.

Por outro lado, no Caso 1, obteve-se três períodos padrão: verão, meia-estação e inverno. Destacou-se o inverno por não ter ventilação e o verão por apresentar porcentagens menores de abertura de janela. Para os casos 2 e 3, foram identificados dois períodos padrão: verão e inverno. Este último caracterizou-se por ter abertura de janelas ocasionais no período noturno para ambos os casos, esclarecendo que para o Caso 2 houve um inverno mais curto quando comparado com os outros casos. No verão para todos eles, notou-se que as aberturas das janelas ocorreram principalmente durante a noite e que quanto menores as temperaturas de controle, mais similares foram os padrões de ventilação dos meses do ano.

Em trabalhos futuros seriam necessários mais estudos sobre a modelagem deste parâmetro nos programas de simulação do desempenho térmico em edificações e pesquisas experimentais com usuários de edifícios melhorando assim a confiabilidade das simulações.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se à CAPES pelo auxílio financeiro na forma de bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações – parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15575**: Edificações habitacionais: desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ANSI/ASHRAE Standard 55**: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta, 2013.

CANDIDO, C.; BITTENCOURT, L. **Introdução a Ventilação Natural**. 3 edição ed. Maceió: EDUFAL, 2008.

CHVATAL, K. M. S. Avaliação do procedimento simplificado da NBR 15575 para determinação do nível de desempenho térmico de habitações. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 4, p. 119–134, 2014.

DEAR, R. J. DE; G.S. BRAGER. **Thermal comfort in naturally ventilated buildings**: revision to ASHRAE standards 55. *Journal of Energy and Buildings*, v. 34, p. 549–561, 2002.

DEPARTMENT OF ENERGY EFFICIENCY AND RENEWABLE ENERGY -EERE. **EnergyPlus**. Version 8.1. USA, 2012.

GIVONI, B. **Man, climate, and architecture**. 2ª edição: Londres: Applied Science, 1976.

GIVONI, B. **Comfort, climate analysis and building design guidelines**. *Energy and Buildings*, 1992.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA- INMETRO. **RTQ-R**: Regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética de edificações residenciais. Rio de Janeiro, 2012.

MARQUES, T. H. T. **Influencia das propriedades térmicas da envolvente opaca no desempenho de habitações sociais em São Carlos, SP**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Arquitetura e Urbanismo, IAU/USP. São Carlos, SP, 2013.

SANTAMOURIS, M.; ALLARD, F. **Natural ventilation in buildings: a design handbook**. London: James & James Science Publishers, 1998.

SANTAMOURIS, M.; WOUTERS, P. **Building Ventilation: The State of the Art**. ilustrada ed. UK USA: Earthscan, 2006.

SORGATO, M. J. **Desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares ventiladas naturalmente**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2009.

TRIMBLE NAVIGATION. **SketchUp**, 2012.