XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ENTAC 2022

Ambiente Construído: Resiliente e Sustentável
Canela, Brasil, 9 a 11 novembro de 2022

Condições de contorno externo de paredes internas: simular uma zona térmica adiabática ou integrada ao pavimento?

Outside boundary conditions of internal walls: simulating an adiabatic or floor-integrated thermal zone?

Mônica Martins Pinto
Laboratório de Conforto Ambiental (LabCon), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)| Florianópolis | Brasil | monicamartinspinto@outlook.com
Fernando Simon Westphal
Laboratório de Conforto Ambiental (LabCon), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)| Florianópolis | Brasil | fernando.sw@ufsc.br

Resumo
Estudos paramétricos de desempenho de edifícios frequentemente utilizam condições de contorno adiabáticas nas paredes internas. Entretanto, não foram encontrados estudos que verificassem o impacto desta configuração nas condições térmicas do ambiente, quando utilizando o software EnergyPlus. O presente estudo pretende verificar a adequabilidade do uso de modelo de sala adiabática no estudo paramétrico de desempenho térmico da envoltória. Compararam-se as condições térmicas e consumo para condicionamento de uma zona quando simulada isoladamente ou integrada ao pavimento. Verificou-se que não é necessário simular um pavimento ou prédio inteiro quando o objetivo da simulação for avaliação paramétrica.

Palavras-chave: Simulação. EnergyPlus. Paredes adiabáticas. Desempenho térmico. Avaliação paramétrica.

Abstract

Parametric studies of building performance often use adiabatic boundary conditions for internal walls. However, studies that verified its impact on the room's thermal conditions through EnergyPlus software were not found. The present study intends to ascertain the suitability of using an adiabatic room model in parametric studies about building envelope thermal performance. A zone's thermal conditions and HVAC consumption were compared when simulated as an isolated or integrated room. It was found that simulating an entire floor or building is not critical when the simulation aims for parametric evaluation.

Keywords: Simulation. EnergyPlus. Adiabatic walls. Thermal performance. Parametric assessment.

Como citar:
PINTO, M. M. e WESTPHAL, F. S. Condições de contorno externo de paredes internas: simular uma zona térmica adiabática ou integrada ao pavimento? In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. XXX-XXX.

INTRODUÇÃO

O programa computacional de simulação de desempenho de edifícios *EnergyPlus* permite configurar as superfícies da zona térmica como adiabáticas, ou seja, permitindo troca térmica apenas através da superfície interna. Nesta condição de contorno, os dois lados das superfícies do elemento construtivo se mantêm com a mesma temperatura, supondo as mesmas condições térmicas aos ambientes adjacentes [1].

Utilizando-se desta configuração, é possível simplificar as simulações térmicas às zonas térmicas alvo do estudo, podendo-se simular apenas um pavimento tipo (cobertura e piso adiabáticos) ou mesmo apenas uma zona térmica. Esta medida tente a diminuir o tempo de modelagem, simulação e processamento de dados, o que pode ser pertinente quando o alvo não é o edifício inteiro, e sim, um ambiente, por exemplo.

Dificilmente as condições adjacentes à zona térmica serão exatamente iguais. Pensando em um edifício real, em relação a ambientes adjacentes prováveis ou existentes, variam-se as dimensões, o padrão de ocupação, exposição solar, função, entre outros fatores. Entretanto, comumente o levantamento dessas informações não é possível, no caso de edifícios existentes, ou não há previsão, quando em fase de projeto. Em decorrência, poderá haver variação na temperatura superficial das paredes internas nos resultados das simulações. Consequentemente, as trocas convectivas e radiantes com as superfícies e ar interno seriam afetadas e as condições térmicas do ambiente alteradas. Além disso, na área de pesquisa científica, frequentemente utilizamos modelos hipotéticos de edifícios para investigar parâmetros construtivos ou sistemas. A análise energética por meio de simulação de zonas térmicas independentes pode simplificar os procedimentos de avaliação. Por exemplo, em procedimentos adotados em normas e programas de etiquetagem de desempenho, agilizando o processo de avaliação em fase de projeto.

Estudos paramétricos, especialmente aqueles com foco em variações de elementos de fachada, tendem a utilizar condições de contorno adiabáticas para as paredes internas. Como exemplos, podem ser citados [2–7]. Algumas pesquisas, como em Sorgato et al. [8], avaliaram o impacto do uso da configuração adiabática no piso, em contraste ao contato com o solo. Para o clima de Florianópolis, a diferença na temperatura interna foi de 2,7℃ superior no verão e 3,5℃ inferior no inverno. O estudo de caso de Buratti *et al.* [9] para uma sala de aula em Perugia, Itália, verificou o impacto da definição de contorno das paredes internas na simulação térmica de um ambiente. Encontrou-se maior erro em relação aos dados experimentais considerando as condições de contorno adiabáticas. As temperaturas na superfície transparente simuladas foram superiores às medidas no experimento, sendo que nas condições adiabáticas, a diferença foi de até 2,5 K e, na condição com temperatura constante, a discrepância foi de até 1,5 K. Entretanto, utilizou-se *software* de simulação CFD (*Computational Fluid Dynamics*) e a condição de comparação foi de temperatura constante das paredes. Não foram encontrados estudos que verificassem o impacto nas condições

térmicas de ambientes internos a partir escolha da configuração de contorno das paredes internas para as condições disponíveis no *EnergyPlus*.

Considerando os fatores elencados, pergunta-se: é necessário simular um pavimento ou prédio inteiro quando o objeto de pesquisa paramétrica é um ambiente ou zona térmica? Portanto, o presente estudo tem como objetivo verificar se o uso de modelo de sala adiabática é adequado ao estudo paramétrico de desempenho térmico de elementos construtivos da envoltória.

MÉTODO

As condições térmicas internas e de consumo para condicionamento de uma zona térmica quando simulada isoladamente ou integrada à simulação de um pavimento inteiro foram comparadas por meio de simulação de desempenho no *EnergyPlus*. Na primeira situação, as superfícies das paredes internas são configuradas como adiabáticas. Na segunda, o ambiente realiza trocas térmicas por condução com as zonas adjacentes através das paredes.

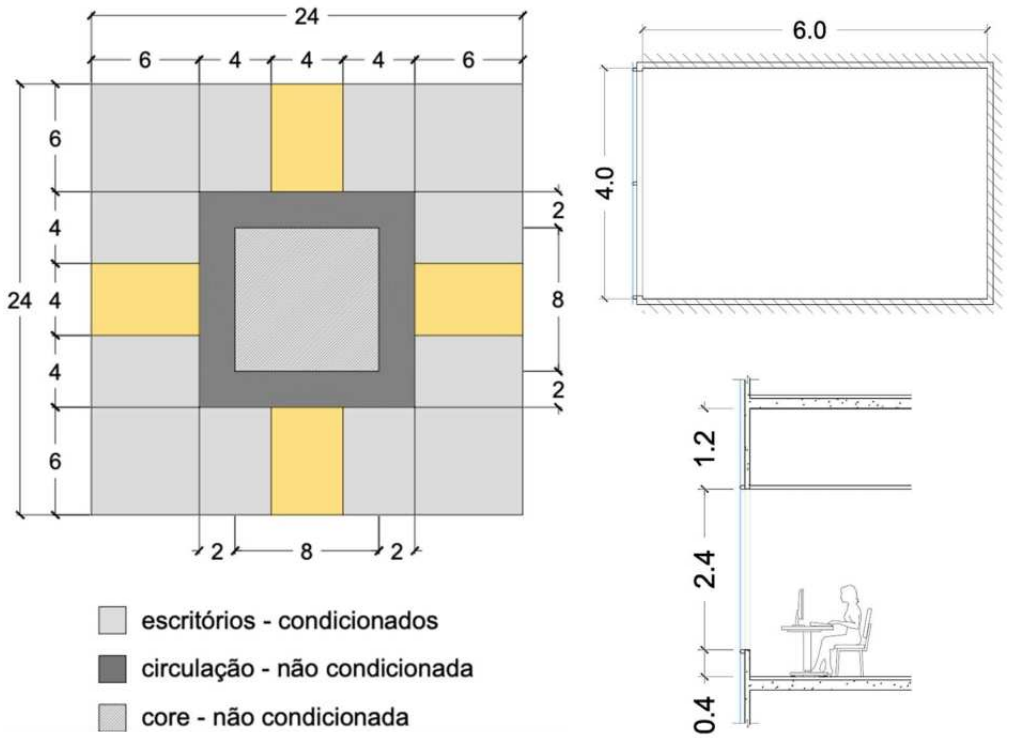
MODELO

Foi utilizado um modelo de pavimento de escritórios teórico com um núcleo central contornado por área de circulação e as salas localizadas na área limítrofe à fachada externa, conforme Figura 1. O modelo possui uma área de *plenum*, ou seja, um espaço entre a laje e forro, por onde é feito o retorno do ar condicionado. Considerou-se um pavimento intermediário, no décimo andar (piso a 30m de altura). Estabeleceu-se um modelo de edificação completamente revestido por vidro, em que a composição de parede externa é revestida com o mesmo vidro da janela.

O foco deste estudo foram as salas centrais, destacadas em amarelo na Figura 1, com fachadas orientadas a sul, leste, norte e oeste. No modelo do pavimento, apenas a cobertura do *plenum* e o piso da sala são adiabáticos. Nos modelos isolados, apenas uma sala com 4m de fachada por 6m de profundidade foi modelada e então rotacionada para as quatro orientações. Neste modelo, todas as superfícies internas foram configuradas como adiabáticas, com exceção da laje entre sala e *plenum*.

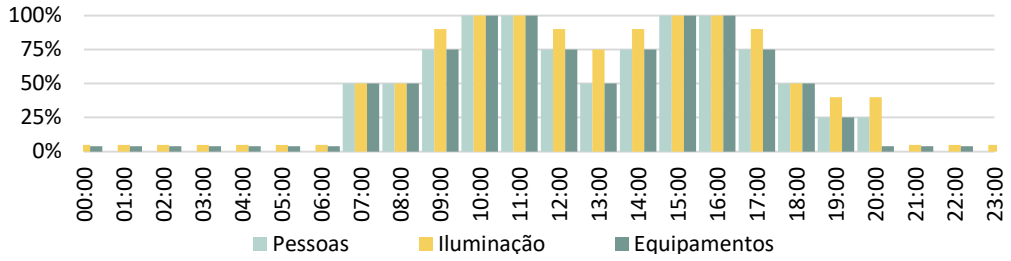
As densidades de ocupação foram estabelecidas para escritórios com base no ASHRAE *Fundamentals Handbook* [10], capítulo 18. Considerou-se a densidade de ocupação de 11,6 m² por pessoa e 7,44 W/m² de densidade de equipamento, equivalente ao uso individual de um *notebook* e duas telas. Definiu-se a densidade de potência de iluminação para espaço de trabalho abertos, sendo 10,6 W/m². A taxa metabólica foi definida para atividade sedentária de escritório conforme capítulo 9, do ASHRAE *Fundamentals Handbook* [10], sendo 126 W/pessoa. O isolamento de vestimenta das pessoas foi configurado no *EnergyPlus* conforme método dinâmico da ASHRAE *Standard* 55 [11]. Neste método, o isolamento representativo é definido em função da temperatura do ar externo às 6 horas da manhã.

Figura 1: Zoneamento térmico do pavimento de escritório - salas analisadas em amarelo (à esquerda); planta da sala isolada com paredes internas adiabáticas (à direita acima); e corte esquemático da fachada (à direita abaixo)



As rotinas de uso dos sistemas da edificação foram configuradas conforme Figura 2. Durante o fim de semana não há ocupação. Determinou-se 5% da iluminação e equipamentos ativos em períodos sem ocupação. O acionamento da iluminação artificial é estático, i.e., não considerar a disponibilidade de iluminação natural.

Figura 2: Rotinas de ocupação e sistemas de segunda a sexta-feira



O ambiente é condicionado artificialmente com sistema de expansão direta do tipo PTHP (*Packaged Terminal Heat Pump*), equivalente ao uso de aparelho *Split*, com COP 3,0 W/W. Definiu-se temperatura de termostato em 20°C para aquecimento e 24°C para resfriamento. O sistema opera das 7h às 21h, com dimensionamento da capacidade variando conforme dados de simulação. O sistema permanece desativado no fim de semana. A Tabela 1 apresenta os valores de transmitância térmica e absortância solar dos fechamentos opacos da envoltória.

As análises foram realizadas para o clima de Florianópolis, o qual é classificado como Cfa na escala Köppen-Geiger, e sendo caracterizada por clima temperado, estações

bem definidas, sempre [12]úmido e verões quentes [13]. Como dados de entrada nas simulações computacionais, utilizou-se o arquivo climático do tipo SWERA, "BRA_Florianopolis.838990_SWERA.epw", disponível no banco de arquivos climáticos do *EnergyPlus* [14].

Tabela 1: Propriedade térmica dos elementos construtivos

	Composição	**U [W/m²K]**	**Abs.**
Paredes Externas	Placa Cimentícia (10mm) + Lã de Vidro (50mm) + Placa de gesso (12,5mm)	0,77	0,297
Paredes Internas	Placa de Gesso (15mm) + Lã de Vidro (50mm) + Placa de Gesso (15mm)	0,69	0,297
Laje/Teto	Piso Cerâmico (7.5mm) + Reboco (25mm) + Laje Concreto (200mm) + Reboco (25mm)	2,74	Piso: 0,418 Teto: 0,297

PARÂMETROS VARIÁVEIS

Variaram-se as características de percentual de transparência da fachada (*window-to-wall ratio,* WWR) e fator solar do vidro (FS). Com estas alterações, foi possível observar se a comparação no desempenho térmico do ambiente com diferentes características de fachada se manteria ao simular o ambiente adiabático ao invés de integrado no pavimento. Selecionaram-se dois WWR (60% e 30%) e dois FS (0,5 e 0,8). As propriedades térmicas dos vidros são apresentadas na Tabela 2. Não foi utilizado nenhum tipo de sombreamento interno ou externo nas janelas.

Tabela 2: Propriedades térmicas dos vidros

Denominação	Processo	e	TE	REe	REi	εe	εi	U	FS
FS50	laminado	8,00	0,41	0,17	0,13	0,89	0,89	5,56	0,51
FS80	monolítico	6,00	0,78	0,07	0,07	0,84	0,84	5,60	0,82

e: espessura [mm]
TE: transmissão de energia solar
REe e REi: reflexão de energia externa e interna
εe e εi: emissividade externa e interna
U: transmitância térmica [W/m².K]

ANÁLISES

Tendo em vista que o ambiente é condicionado artificialmente durante todo o período de ocupação, a verificação das condições térmicas internas ocorreu por meio de: temperatura radiante média (MRT); temperatura das superfícies internas; índices de conforto térmico; e consumo de energia para condicionamento térmico. As análises consideraram apenas os períodos ocupados.

O conforto térmico foi analisado em um ponto a 1,5m da janela e centralizado entre as paredes laterais. Para as análises de conforto térmico, foi utilizado o modelo PMV-PPD, desenvolvido por Fanger [15]. Os índices de conforto térmico foram corrigidos conforme modelo de ajuste solar SolarCal, desenvolvido por Arens et al. [16][16], o qual foi escolhido com base no estudo de Pinto e Westphal [17].

Para a análise anual de conforto térmico, utilizou-se a métrica TCA (*thermal comfort avalability*), desenvolvido por Atzeri et al. [18], o qual é definido como a disponibilidade local de conforto térmico suficiente durante o tempo ocupado. As faixas de aceitabilidade foram definidas em acordo com as principais normas de conforto térmico [19–23], sendo PMV entre ± 0.5 e PPD máximo de 10%. Podendo ser descritos pelas equações de (1) a (4).

$$TCAi_{PMV,\pm 0.5} = \sum_{i=1}^{N_t} wf_{PMV} \cdot \frac{t}{T} \in [0,1] \quad (1)$$

$$wf_{PMV} = \begin{cases} 1\ se\ -0.5 \leq CI \leq 0.5 \\ 0\ se\ -0{,}5 > CI > 0.5 \end{cases} \quad (2)$$

$$TCAi_{PPD,10\%} = \sum_{i=1}^{N_t} wf_{PPD} \cdot \frac{t}{T} \in [0,1] \quad (3)$$

$$wf_{PPD} = \begin{cases} 1\ se\ I \leq 10\% \\ 0\ se\ CI > 10\% \end{cases} \quad (4)$$

Onde t é o período de avaliação e T é o período de referência. No contexto deste estudo, $t = 1h$ e $T = 3654h$ (horas ocupadas no ano).

Primeiramente os resultados de um dos modelos de escritório (WWR60 e FS50) foram analisados verificando as diferenças horárias entre as salas integrada (simulada no contexto de um pavimento) e isolada (paredes adiabáticas). Dentre as condições térmicas ambientais foram analisadas a MRT da zona, a temperatura das superfícies internas, e o conforto térmico (*predicted mean vote*, PMV e *predicted percentage dissatisfied*, PPD). As diferenças dos resultados horários entre as zonas integrada e adiabática foram analisadas em histogramas de frequência relativa de ocorrência, sendo definidas como $\Delta_{(integrada-adiabática)}$. Também foram analisados os resultados anuais de consumo de energia para condicionamento térmico e de disponibilidade de conforto térmico (TCA).

Após, foi verificado se os resultados de diferença na economia de energia para condicionamento térmico se manteriam em uma análise paramétrica das características das janelas independentemente da configuração de contorno das superfícies. As hipóteses de similaridade e diferença foram analisadas por meio do método estatístico de análise de variância (ANOVA) para nível de significância de 5% ($\alpha = 0{,}05$).

RESULTADOS

Como explicado anteriormente, a configuração de contorno de superfícies adiabáticas considera a mesma temperatura nos dois lados do elemento construtivo, de forma que não há troca de calor por condução através dele, apenas o armazenamento de calor. Sendo assim, o primeiro fator que pode ser divergente entre a configuração de paredes adiabáticas ou integradas ao pavimento é a temperatura das superfícies internas.

Os gráficos da Figura 3 à Figura 6 apresentam histogramas da frequência relativa de ocorrência da diferença horária na temperatura das superfícies internas entre as salas integrada e adiabática considerando as horas ocupadas. PAR1 é a parede de fachada,

na qual a janela está localizada; PAR2 e PAR4 são as paredes laterais; e PAR3 é a parede oposta à fachada, a qual é adjacente ao corredor no modelo do pavimento completo.

Figura 3: Histograma de frequência relativa de ocorrência anual da diferença horária na temperatura das superfícies internas nos períodos ocupados: SUL

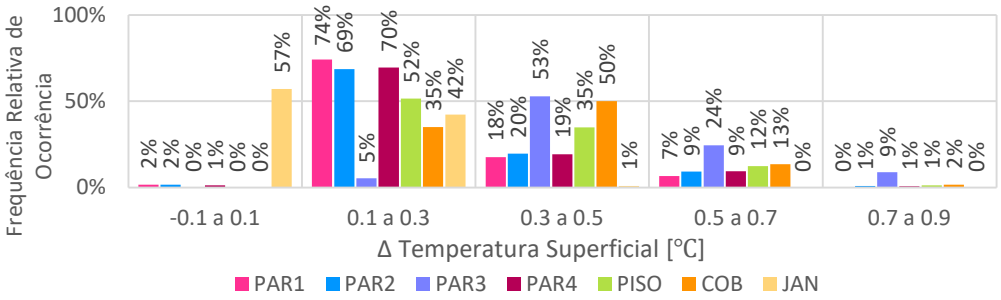


Figura 4: Histograma de frequência relativa de ocorrência anual da diferença horária na temperatura das superfícies internas nos períodos ocupados: LESTE

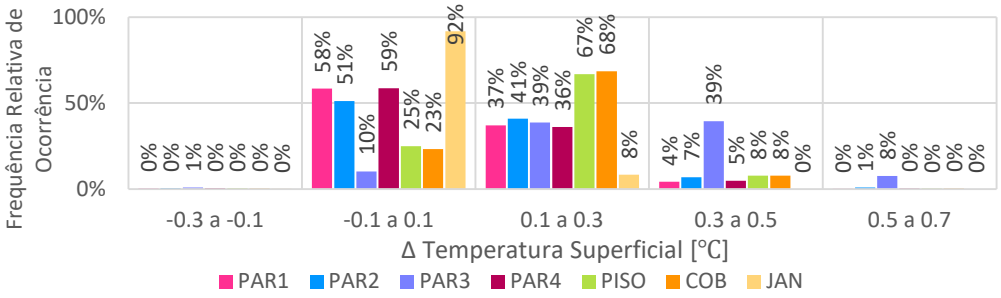


Figura 5: Histograma de frequência relativa de ocorrência anual da diferença horária na temperatura das superfícies internas nos períodos ocupados: NORTE

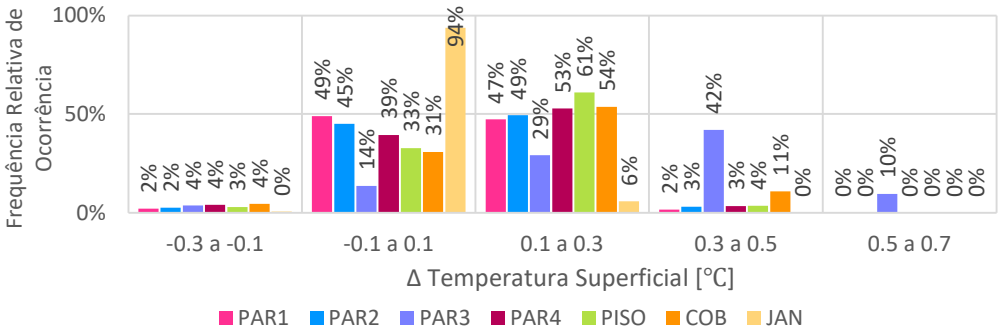
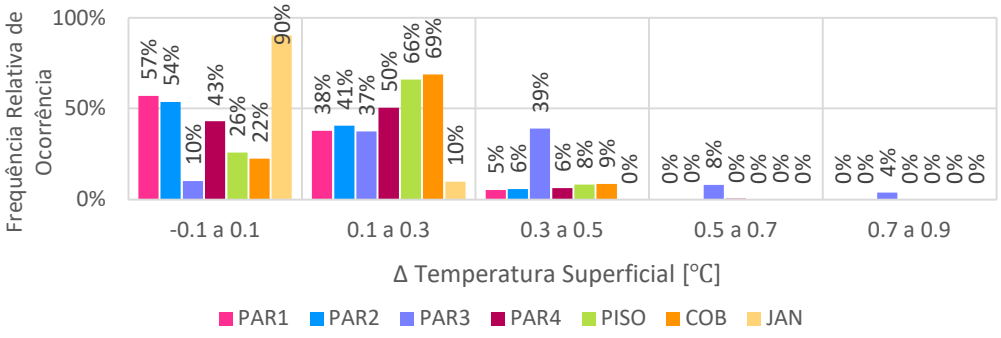


Figura 6: Histograma de frequência relativa de ocorrência anual da diferença horária na temperatura das superfícies internas nos períodos ocupados: OESTE



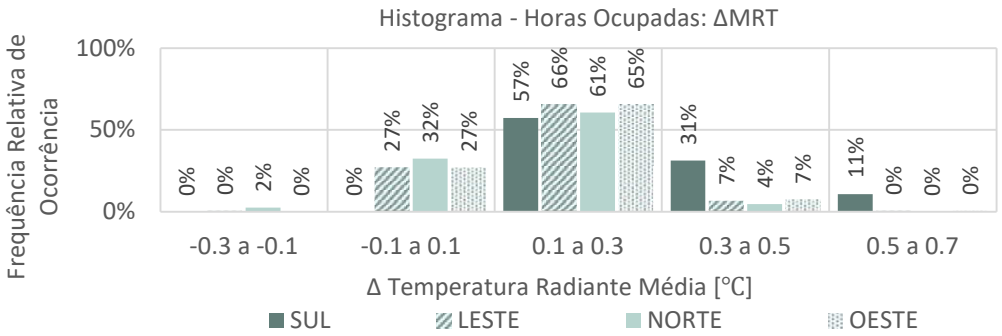
Nota-se que o modelo integrado ao pavimento tende a apresentar temperaturas superficiais mais elevadas (valores positivos), embora as diferenças concentrem-se nas faixas até 0,5°C. Nas orientações leste, norte e oeste (Figura 3 a Figura 5), a diferença de temperatura da maioria das superfícies internas entre as salas integrada e adiabática é de até 0,3℃ entre 91% e 100% das horas ocupadas. Na sala fachada sul, essa diferença foi levemente superior, mas ainda entre 85% e 100% das horas ocupadas as superfícies no modelo integrado apresentam temperatura até 0,5℃ mais elevada.

A parede 3, localizada ao fundo da sala, apresenta maior diferença na sua temperatura superficial, sendo que em cerca de 50% das horas ocupadas a temperatura no modelo integrado é mais do que 0,3℃ superior ao modelo adiabático, para todas orientações. Isso ocorre, pois no modelo integrado, esta parede é adjacente a uma zona de passagem (corredor), com cargas térmicas diferentes do escritório, sem condicionamento térmico e sem parede expostas ao exterior. Por outro lado, quando configurada como adiabática, considera que o ambiente teórico adjacente possui as mesmas condições térmicas.

Posteriormente verificamos se esta variação na temperatura das superfícies internas afetaria significativamente as condições térmicas do ambiente. Sendo um ambiente condicionado artificialmente, a temperatura não é diretamente afetada pelo tipo de configuração de contorno das paredes durante os períodos em que a sala está sendo ocupada. Portanto, optou-se por analisar a temperatura radiante média (MRT), a qual é afetada pela variação no aquecimento das superfícies.

A Figura 7 demonstra a frequência de ocorrência da diferença horária entre as salas integrada e adiabática na MRT. Assim como nas temperaturas superficiais, a MRT tende a ser mais elevada no modelo integrado ao ambiente. Entretanto, em quase 100% do período ocupado essa diferença não é maior do que 0,5℃, com exceção da sala voltada a sul, em que esse percentual é de 88%.

Figura 7: Histograma de frequência relativa de ocorrência anual da diferença horária na temperatura radiante média nos períodos ocupados



Verificou-se também se essas variações afetariam as condições de conforto térmico no ambiente. Para tanto, analisou-se um ponto próximo à janela e índices PMV e PPD corrigidos pelo efeito da radiação solar. Observa-se que o percentual de horas ocupadas em que os ambientes apresentam condições de conforto térmico é o mesmo nas salas adiabáticas e nas salas integradas (Figura 8).

O histograma de frequência de ocorrência da diferença no PMV (Figura 9) mostra que entre 91% e 99% das horas ocupadas do ano a diferença horária entre os ambientes integrado e adiabático não ultrapassa ±0,1. No contexto do PPD, essa diferença significa que entre 82% e 95% do tempo, não há variação horária maior do que ±1% de na previsão de pessoas insatisfeitas (Figura 10).

Figura 8: Disponibilidade de conforto térmico anual (TCA): PMV

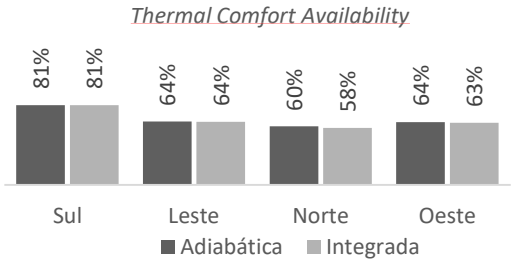


Figura 9: Histograma de frequência relativa de ocorrência anual da diferença horária no PMV nos períodos ocupados

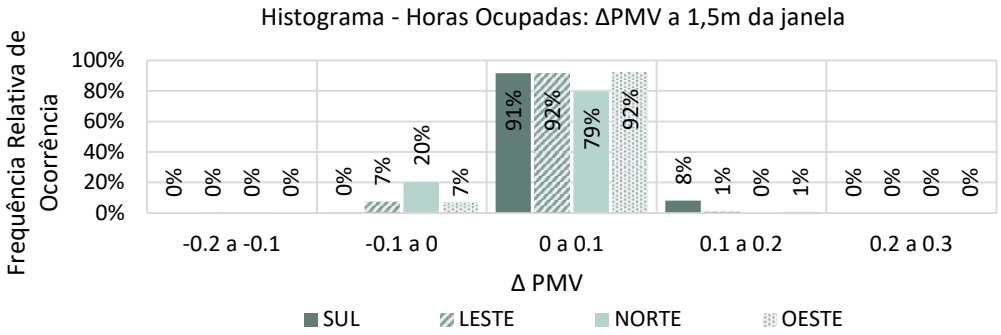
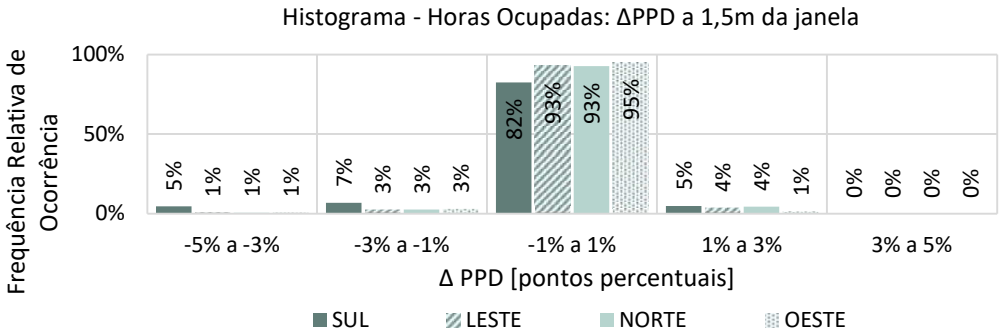


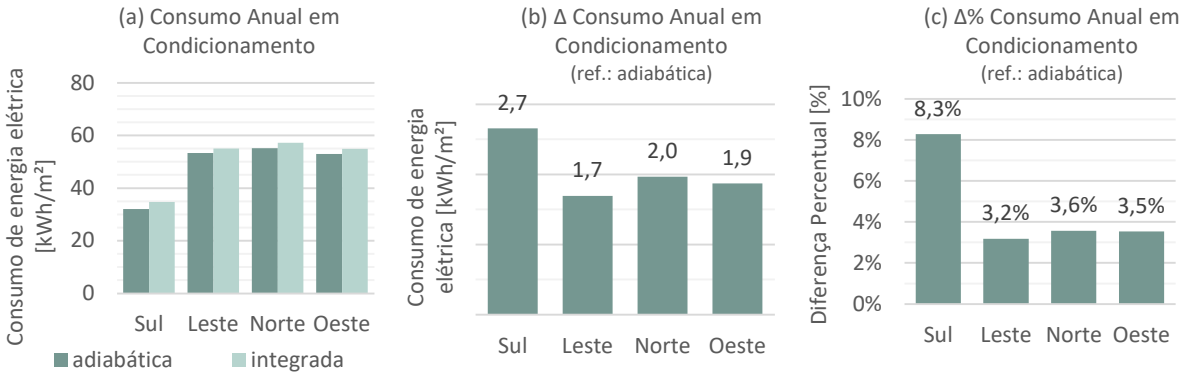
Figura 10: Histograma de frequência relativa de ocorrência anual da diferença horária no PPD nos períodos ocupados



A **Figura 11** demonstra que o ambiente simulado de forma integrada a um pavimento tende a apresentar maior consumo anual em condicionamento térmico do que o ambiente isolado. Nas orientações leste, norte e oeste, o consumo foi em torno de 3,4% maior simulando o contato com as zonas adjacentes, enquanto na orientação sul este percentual é de 8,3% (**Figura 11**c). Entretanto, o consumo total da sala sul é cerca de 40% menor do que as demais salas (**Figura 11**a). Observando a diferença de consumo em valores absolutos (**Figura 11**b), nota-se que a diferença anual média é de 2,1 kWh/m². Se considerarmos a tarifa de energia atual para Florianópolis de 0,85 R$/kWh

[24], representaria uma diferença de R$42,83 por ano na conta de energia desta sala, ou R$1,78/m².

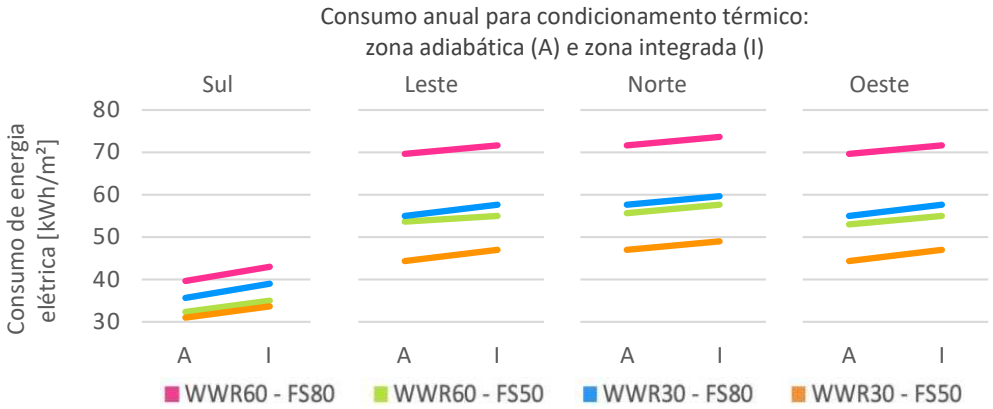
Figura 11: Resultados de consumo anual em condicionamento térmico. Consumo total anual da zona térmica integrada e adiabática para as quatro orientações de fachada (a); diferença no consumo anual entre zona integrada e adiabática (b); e diferença percentual no consumo anual (c)



Visto que, apesar da diferença anual em valores absolutos de consumo em condicionamento térmico entre as salas integrada e adiabática tenha sido reduzida, os valores percentuais podem ser considerados significativos. Verificou-se, então, se esta diferença afetaria na avaliação paramétrica de desempenho térmico de elementos de fachada, com enfoque no projeto de janelas. Foram analisados os resultados para quatro configurações de janela e a economia gerada em relação ao modelo WWR60-FS80.

Na Figura 12, observam-se os valores de consumo total anual em condicionamento térmico de todos os modelos plotados por orientação da fachada e ligando os resultados do mesmo modelo, mas com configuração de condições de contorno distintas. Nota-se que as retas são quase paralelas, o que indica que não há diferença significativa na avaliação de economia de energia para condicionamento simulando a sala como adiabática ou integrada ao pavimento.

Figura 12: Consumo anual em condicionamento térmico



Essa significância foi verificada por meio de teste estatístico ANOVA *Three-Way* com os valores de economia anual de energia elétrica para condicionamento térmico entre os modelos com diferentes vidros. A economia foi calculada tendo a configuração WWR60-FS80 como referência (Tabela 3). Desta forma, os parâmetros do teste foram

a configuração da janela, a orientação solar da fachada e a configuração como salas adiabáticas ou integradas ao pavimento.

Tabela 3: Economia anual em condicionamento térmico de todos os modelos [kWh/m²]

	WWR60 - FS50		WWR30 - FS80		WWR30 - FS50	
	adiabática	integrada	adiabática	integrada	adiabática	integrada
Sul	7.5	8.0	4.1	3.8	9.1	9.3
Leste	16.4	16.4	14.8	14.3	25.5	24.9
Norte	16.4	16.4	14.5	14.2	25.1	24.7
Oeste	16.6	16.6	14.6	14.1	25.4	25.0

Com base no teste estatístico realizado para esta amostra (Tabela 4), pode-se afirmar que não há diferença significativa no potencial de economia anual de energia em condicionamento térmico entre os parâmetros de configuração de contorno das paredes. Isto é, a escolha entre simular uma sala isolada (superfícies internas adiabáticas) ou integrada a um pavimento não influenciou na comparação paramétrica entre configurações de janela.

Tabela 4: Teste ANOVA da economia anual em condicionamento térmico

FONTE	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Quadrado Médio	F	$F_{\alpha}(k-1,N-k)$	Comparação
Janela	372.68	2	186.34	73.77	3.59	INFLUENCIA
Orientação	615.99	3	205.33	81.29	3.20	INFLUENCIA
Adiabática	0.22	1	0.22	0.09	4.45	NÃO INFLUENCIA

DISCUSSÃO

O valor monetário referente à variação no consumo anual de energia elétrica para condicionamento térmico entre sala integrada e adiabática foi bastante reduzido. Entretanto, pode ser controverso afirmar que não houve diferença significativa no consumo, visto que a diferença percentual chegou a 8,3% na sala Sul e em média 3,4% nas demais. Poderia se questionar se esse resultado é apenas consequência do tamanho da sala. Entretanto, as incertezas relacionadas à imprecisão dos modelos de simulação são, normalmente, superiores a estes percentuais. Por exemplo, em aplicação de método de apoio à calibração de modelos de simulação de desempenho energético de edifícios desenvolvido por Westphal [25], estimou-se incerteza de ±11% no consumo anual de energia elétrica.

Entretanto, ao analisarmos como essa escolha afetaria na avaliação paramétrica da janela, verificou-se que a escolha entre simular uma sala isolada ou integrada a um pavimento não influenciou no potencial de economia anual de energia em condicionamento térmico. Portanto, tal simplificação não comprometeria a avaliação de desempenho da sala em um procedimento de norma ou etiquetagem.

Além disso, verificou-se que as condições térmicas internas não variam significativamente entre simular a sala isolada ou integrada, principalmente quando comparando com a grandeza das diferenças encontradas em Sorgato et al. [8] e Buratti *et al.* [9]. Parâmetros que apresentaram maior variação, como a temperatura superficial da parede oposta à fachada, não afetaram expressivamente a temperatura radiante média, a qual é calculada pelo *EnergyPlus* com base na média ponderada das emissividades das superfícies. As condições de conforto à 1,5m da janela também não foram impactadas pelas condições de contorno das paredes internas.

Quando o foco de um estudo é uma sala ou zona térmica, simular um ambiente isolado diminui tanto o tempo de modelagem, pois é um modelo de geometria simplificada, como de simulação, pois diminui as interações, e de processamento dos dados para análise. Outro fator importante a considerar são as incertezas em relação às cargas internas e rotina de ocupação dos demais ambientes. Especialmente quando se analisam ambientes hipotéticos.

Além disso, compreende-se que o baixo impacto das trocas térmicas com os ambientes adjacentes e a adequabilidade em simular o ambiente com configurações de contorno adiabáticas são favorecidos pela baixa transmitância térmica das paredes internas (U=0,69 W/m²K). Se paredes com maior transmitância térmica houvessem sido escolhidas, os resultados obtidos poderiam ser diferentes. Entretanto, entende-se que o uso de paredes a seco e com isolamento integrado são pertinentes ao contexto atual de racionalização e industrialização na construção.

CONCLUSÕES

Este estudo abordou as consequências em adotar condições de contorno externas adiabáticas para as paredes internas de uma sala de escritório, isolando-a do edifício, ao invés de a simular no contexto de um pavimento. Foram analisadas as condições térmicas do ambiente, conforto térmico e consumo de energia para condicionamento térmico.

Os resultados de simulação das condições térmicas de uma sala de escritório, como temperatura radiante média e conforto não são significativamente impactadas ao simular o ambiente com condições de contorno adiabáticas. Apesar de a sala integrada ao pavimento apresentar tendências a temperaturas mais altas, as diferenças não foram significativas. O consumo de energia para condicionamento térmico apresentou diferença percentual entre as duas configurações, apesar de a diferença em valores absolutos ser reduzida.

Entretanto, conclui-se que, quando o objetivo da simulação for realizar uma avaliação paramétrica no desempenho térmico de uma sala de escritórios, não é necessário simular um pavimento inteiro ou prédio inteiro. Verificou-se que utilizar um modelo de sala adiabática é adequado ao estudo paramétrico de desempenho térmico de elementos construtivos da envoltória.

Frisa-se que estas conclusões podem ser aplicadas a escritórios com este tamanho de sala, com paredes internas de baixa transmitância térmica e para climas semelhantes ao avaliado. O estudo precisa ser ampliado para diferentes configurações de sala e climas, podendo servir de suporte à definição de rotinas simplificadas de análise de desempenho e etiquetagem de edificações.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

[1] U.S. Department of Energy. EnergyPlus Version 22.1.0 Documentation Engineering Reference 2022.

[2] Marino C, Nucara A, Peri G, Rizzo G, Scaccianoce G. The spatial evaluation of the radiative human body heat exchanges: An effective contribution for limiting energy consumption and achieving better indoor conditions in buildings. Journal of Building Engineering 2018;16:118–28. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2017.12.015.

[3] Ochoa C, Aries M, van Loenen E, Hensen J. Considerations on design optimization criteria for windows providing low energy consumption and high visual comfort. Applied Energy 2012;95:238–45. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.02.042.

[4] Papachristou C, Hoes PJ, Loomans MGLC, van Goch TAJ, Hensen JLM. Investigating the energy flexibility of Dutch office buildings on single building level and building cluster level. Journal of Building Engineering 2021;40. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102687.

[5] Becherini F, Lucchi E, Gandini A, Barrasa MC, Troi A, Roberti F, et al. Characterization and thermal performance evaluation of infrared reflective coatings compatible with historic buildings. Building and Environment 2018;134. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.02.034.

[6] Melo AP, Versage RS, Sawaya G, Lamberts R. A novel surrogate model to support building energy labelling system: A new approach to assess cooling energy demand in commercial buildings. Energy and Buildings 2016;131. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.09.033.

[7] Bueno B, Wienold J, Katsifaraki A, Kuhn TE. Fener: A Radiance-based modelling approach to assess the thermal and daylighting performance of complex fenestration systems in office spaces. Energy and Buildings 2015;94. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.02.038.

[8] Sorgato MJ, Melo AP, Marinoski DL, Lamberts R. Análise do procedimento de simulação da NBR 15575 para avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais. Ambiente Construído 2014;14. https://doi.org/10.1590/s1678-86212014000400007.

[9] Buratti C, Palladino D, Moretti E. Prediction of Indoor Conditions and Thermal Comfort Using CFD Simulations: A Case Study Based on Experimental Data. Energy Procedia, vol. 126, 2017. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.08.130.

[10] ASHRAE. ASHRAE Handbook Fundamentals. ASHRAE Inc 2017;2017:1–1013.

[11] American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers [ASHRAE]. ANSI/ASHRAE Standard 55-2020: Thermal environmental conditions for human occupancy. 2020.

[12] Amazonas S de I do E do A. Secretaria de Infraestrutura do Estado do Amazonas: Diagnóstico Ambiental. Manaus: 2012.

[13] Kottek M, Grieser J, Beck C, Rudolf B, Rubel F. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. Meteorologische Zeitschrift 2006. https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130.

[14] DOE USD of E. Weather Data 2017. https://energyplus.net/weather (accessed January 23, 2017).

[15] Fanger PO. Thermal Comfort: Analysis and applications in environmental engineerings. Michigan: Mcgraw-hill; 1970.

[16] Arens E, Hoyt T, Zhou X, Huang L, Zhang H, Schiavon S. Modeling the comfort effects of short-wave solar radiation indoors. Building and Environment 2015;88:3–9. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.09.004.

[17] Pinto MM, Westphal FS. Assessment of thermal comfort in workstations near highly-glazed façades: Solar-adjust models. Ambiente Construído 2022.

[18] Atzeri AM, Cappelletti F, Tzempelikos A, Gasparella A. Comfort metrics for an integrated evaluation of buildings performance. Energy and Buildings 2016;127:411–24. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.06.007.

[19] ASHRAE. ANSI/ASHRAE Standard 55-2017: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. vol. 2017. 2017. https://doi.org/ISSN 1041-2336.

[20] ISO. ISO 7730 Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria 2005:1–60.

[21] EN. EN 16798-1 Energy performance of buildings — Part 1: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics — Module M1-6. 2019.

[22] ISO. ISO 17772-1 Energy Performance of Buildings – Indoor Environmental Quality – Part 1: Indoor Environmental Input Parameters for the Design and Assessment of Energy Performance of Buildings 2017:1–39.

[23] ABNT. ABNT NBR 16401-2 Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários Parte 2: Parâmetros de conforto térmico. Associação Brasileira de Normas Técnicas 2008:1–11.

[24] CELESC. Conta de Energia 2022. https://www.celesc.com.br/conta-de-energia (accessed May 10, 2022).

[25] Westphal FS. Análise de incertezas e de sensibilidade aplicadas à simulação de desempenho energético de edificações comerciais. Universidade Federal De Santa Catarina (UFSC), 2007.