Industrialização, Digitalização, Desempenho

5º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção e 5º Workshop de Tecnologia de Processos e Sistemas Construtivos

FLORIANÓPOLIS-SC | 20 a 22 de agosto

ESTUDO COMPARATIVO DO DESEMPENHO TÉRMICO ENTRE FACHADA VENTILADA E FACHADA ADERIDA

Comparative Study on the Thermal Performance of Double-Skin and Adhered Façades

Maria Laura Fontana Zilli, Engenheira Civil
Universidade do Extremo Sul Catarinense | Criciúma, SC | marialaurafzilli@gmail.com

Aline Eyng Savi, Dra.
Universidade do Extremo Sul Catarinense | Criciúma, SC | alineesavi@unesc.net

Augusto Wanderlind, Me.
Universidade do Extremo Sul Catarinense | Criciúma, SC | acw@unesc.net

Bruna Just Meller, Doutoranda
Universidade Federal de Santa Catarina | Florianópolis, SC | brunajmeller@outlook.com

Elaine Guglielmi Pavei Antunes, Dra.
Universidade Federal de São Carlos | São Carlos, SP | Centro Cerâmico do Brasil | Santa Gertrudes, SP | eelainegpa@gmail.com

RESUMO

O desempenho térmico da envoltória das edificações exerce papel fundamental na eficiência energética e no conforto ambiental, especialmente em climas com verões quentes e úmidos. Entre as estratégias passivas disponíveis, as fachadas ventiladas têm se destacado por sua capacidade de atenuar os ganhos térmicos. Este estudo teve como objetivo avaliar o desempenho térmico de fachadas aderidas e ventiladas, com revestimentos cerâmicos em duas tonalidades (clara e escura), aplicadas a uma edificação simulada para o município de Urussanga – SC. As simulações foram realizadas no software EnergyPlus, considerando quatro cenários distintos. Os resultados indicaram que a configuração ventilada com revestimento claro apresentou o melhor desempenho, com redução de até 2,4 °C nas zonas mais expostas à radiação solar. A orientação das fachadas e a refletância do revestimento mostraram influência direta nas temperaturas internas. Ressalta-se, no entanto, que o modelo não contemplou o fluxo de ar na cavidade ventilada, uma vez que o EnergyPlus não simula o efeito chaminé de forma dinâmica. Ainda assim, os dados obtidos permitem identificar tendências comparativas e contribuem para decisões de projeto mais informadas, reforçando o potencial das fachadas ventiladas como solução bioclimática em contextos climáticos semelhantes.

Palavras-chave: eficiência energética; envoltória da edificação; estratégias passivas; simulação computacional; conforto térmico.

ABSTRACT

The thermal performance of building envelopes is a critical factor in the energy efficiency and environmental quality of buildings, particularly in hot and humid climates. Among passive design strategies, ventilated façades have demonstrated potential for mitigating heat gains through thermal buffering. This study investigates the thermal performance of adhered and ventilated façade systems with ceramic cladding in two surface colors (light and dark), applied to a commercial building model representative of Urussanga, Brazil, located in a humid subtropical climate. Parametric simulations were conducted using EnergyPlus, evaluating four façade configurations under realistic occupancy schedules and local climate conditions. Results indicate that the ventilated façade with light-colored cladding outperformed other scenarios, with indoor air temperature reductions of up to 2.4 °C in perimeter zones most exposed to solar radiation. Façade orientation and solar reflectance significantly affected thermal behavior. It is important to highlight that the model considered the ventilated cavity as a static air layer, as EnergyPlus does not dynamically simulate buoyancy-driven airflow or stack effect. Despite this limitation, the comparative findings provide meaningful guidance for early-stage design decisions and support the adoption of ventilated façades as a bioclimatic solution for energy-conscious buildings in similar climatic regions.

Keywords: *energy efficiency; building envelope; passive strategies; building simulation; thermal comfort.*

[1]ZILLI et al., Estudo Comparativo do Desempenho Térmico entre Fachada Ventilada e Fachada Aderida. In: V WORKSHOP DE TECNOLOGIA DE PROCESSOS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS, 2025, Florianópolis. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2025.

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é responsável por aproximadamente 30% a 40% do consumo global de energia e por uma fração significativa das emissões de gases de efeito estufa (PELLETIER et al., 2023). Nesse contexto, o desempenho térmico das fachadas tem papel crucial, uma vez que são os principais elementos de troca térmica entre os ambientes internos e externos (NADOUSHANI et al., 2017; SANJUAN et al., 2011). Estratégias passivas, como o uso de fachadas ventiladas, têm se destacado como alternativas promissoras na redução da demanda energética de edificações, promovendo o conforto térmico sem recorrer a sistemas mecânicos intensivos (SALA, 1994). Estudos recentes mostram que, quando bem projetadas, essas soluções podem reduzir em até 49% o consumo energético em edifícios, além de melhorar significativamente a temperatura interna e a iluminação natural (ZHENG et al., 2024).

As fachadas ventiladas – ou *double-skin façades* (DSF) – são sistemas compostos por duas camadas separadas por uma cavidade de ar, permitindo ventilação natural ou forçada (PELLETIER et al., 2023). O fenômeno físico chave que rege seu desempenho é o efeito chaminé, no qual a radiação solar aquece o revestimento externo, provocando uma ascensão do ar dentro da cavidade e promovendo o resfriamento passivo da superfície interna (SÁNCHEZ et al., 2013). Diversos estudos têm demonstrado que esse sistema pode reduzir significativamente a temperatura interna dos ambientes, contribuindo para a eficiência energética de edificações, sobretudo em climas quentes (ZHENG et al., 2024; SANJUAN et al., 2011).

Contudo, apesar dos benefícios potenciais, a representação precisa do desempenho termoenergético de fachadas ventiladas ainda impõe desafios às ferramentas computacionais disponíveis. O EnergyPlus, embora não seja a ferramenta mais indicada para simular o comportamento dinâmico do ar em cavidades ventiladas — especialmente o fluxo convectivo induzido pela radiação solar (BARBOSA et al., 2013; SÁNCHEZ et al., 2013) — permanece como o software mais amplamente utilizado em estudos de desempenho térmico em edificações (SANJUAN et al., 2011; PELLETIER et al., 2023). Isso se deve à sua robustez, ao suporte técnico e à sua capacidade de gerar dados confiáveis para análises comparativas e tomadas de decisão em projetos de eficiência energética. Alguns autores destacam que o EnergyPlus oferece subsídios valiosos para estimativas térmicas em fachadas ventiladas, especialmente quando os modelos são construídos com critérios técnicos adequados ou complementados com validações experimentais ou análises Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD – *Computational Fluid Dynamics*) (ZHANG et al., 2024).

Apesar da relevância crescente das fachadas ventiladas no contexto internacional, ainda são escassos os estudos aplicados ao contexto brasileiro, especialmente em cidades de pequeno a médio porte localizadas em zonas climáticas subtropicais úmidas, como é o caso de Urussanga – SC. A maior parte das investigações concentra-se em países europeus e asiáticos, com características construtivas, padrões de uso e condições climáticas bastante distintas (ZHENG et al., 2024; KARANAFTI; THEODOSIOU, 2024; PELLETIER et al., 2023). Além disso, ainda são escassas as análises comparativas entre fachadas aderidas e ventiladas que considerem variáveis construtivas como, por exemplo, a coloração do revestimento cerâmico, um fator diretamente associado ao grau de absorção solar e ao desempenho térmico da envoltória (LI et al., 2025; NADOUSHANI et al., 2017; SALA, 1994; SANJUAN et al., 2011). Estudos experimentais e numéricos têm demonstrado que a variação da cor superficial pode impactar significativamente o aquecimento da camada externa e, consequentemente, a eficiência do efeito chaminé (SÁNCHEZ et al., 2013). Essa lacuna evidencia a necessidade de investigações voltadas à realidade climática e construtiva brasileira, utilizando simulações paramétricas como ferramenta para subsidiar decisões de projeto. Nesse sentido, o uso do EnergyPlus se mostra pertinente, pois possibilita a avaliação comparativa entre diferentes soluções de fachada, contribuindo para a ampliação do conhecimento técnico sobre seu desempenho térmico em contextos pouco explorados pela literatura.

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo analisar, por meio de simulações computacionais realizadas no software EnergyPlus, o desempenho térmico de diferentes configurações de fachada – aderida e ventilada – com revestimento cerâmico em coloração clara e escura, em uma edificação típica de Urussanga – SC, com clima subtropical úmido.

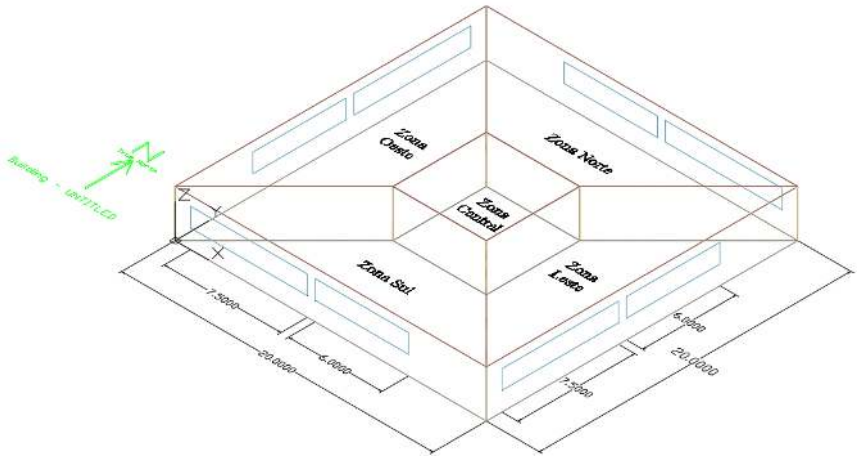
2 METODOLOGIA

Este estudo foi desenvolvido em duas etapas complementares: (i) a simulação de paredes isoladas com diferentes configurações de fachada para análise do comportamento térmico de forma controlada; e (ii) a aplicação dessas tipologias em uma edificação, simulada no software EnergyPlus, a fim de avaliar o impacto sobre as condições internas de conforto térmico.

A edificação simulada representa uma construção comercial genérica, de geometria simplificada, com planta quadrada de 20 m × 20 m e altura de 3 m. Trata-se de um pavimento tipo, modelado para representar situações de uso realistas, mas com controle das variáveis externas ao foco da pesquisa.

O modelo foi subdividido em cinco zonas térmicas: quatro zonas periféricas adjacentes às fachadas e uma zona central, de 6 × 6 m, simulando uma área de transição ou núcleo interno com menor troca térmica com o exterior. Essa subdivisão permite observar com maior precisão as variações de desempenho térmico entre zonas com maior ou menor exposição à radiação solar. A Figura 1 apresenta a modelagem 3D do pavimento tipo, objeto do estudo.

Figura 1: Modelo em 3D do pavimento tipo dividido em zonas térmicas.



Fonte: Autores

As fachadas foram configuradas com 30% de área envidraçada, respeitando proporções realistas comumente adotadas em projetos arquitetônicos. As janelas foram posicionadas com peitoril a 1,20 m do piso e altura de 1,20 m, resultando em aberturas com área útil de ventilação significativa. Foram adotadas esquadrias do tipo maxim-ar, conforme ABNT NBR 10821:2021.

Ressalta-se que apenas as características técnicas da edificação necessárias para a modelagem foram definidas, tais como: dimensões das paredes, tonalidades de revestimento cerâmico (claro e escuro), divisão de zoneamento, tipologia do empreendimento, dimensões do pavimento tipo, padrões de uso, além da localização do município, zona bioclimática e variações de temperatura externa. Assim, não foi considerado necessário detalhar aspectos do projeto arquitetônico, como as áreas envidraçadas, por não constituírem objeto de análise neste estudo comparativo.

As superfícies de piso e cobertura foram tratadas como adiabáticas, para isolar os efeitos térmicos provenientes do solo e da radiação direta no topo, concentrando a análise nos ganhos térmicos laterais – foco do estudo.

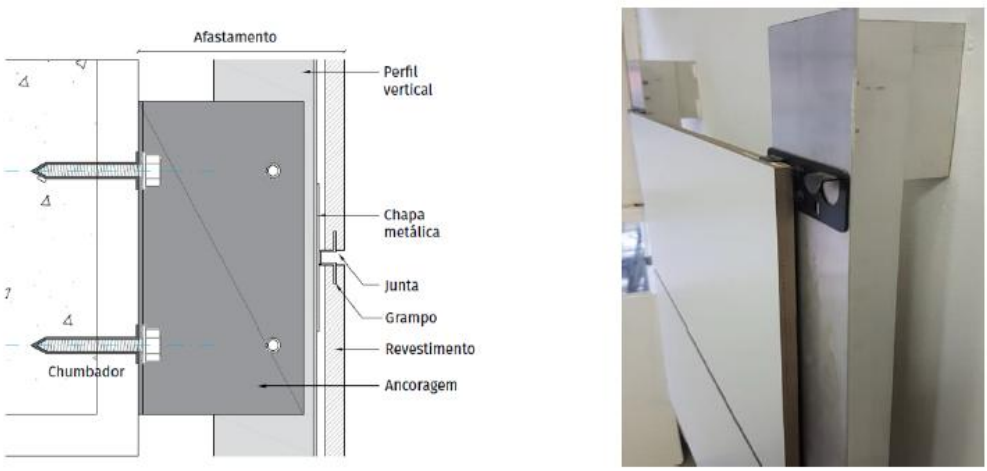
As simulações foram realizadas utilizando o software EnergyPlus, por ser amplamente e liberado pelas normas técnicas brasileiras (como a ABNT NBR 15575: 2021 e ABNT NBR 15220-3: 2024), e utilizado por pesquisadores para análises de desempenho térmico de edificações. Considerando as limitações do EnergyPlus na simulação do efeito chaminé em fachadas ventiladas, neste estudo a câmara de ar foi modelada como uma camada estagnada. Essa abordagem permite estimar parcialmente os benefícios da fachada ventilada, embora tenda a subestimar seu desempenho real.

O arquivo climático utilizado foi o de Urussanga – SC, fornecido na base de dados do EnergyPlus, contendo registros horários de radiação solar, temperatura, umidade relativa, direção e velocidade do vento. A cidade está localizada na Zona Bioclimática 2, conforme classificação da ABNT NBR 15220-3: 2024, e apresenta clima subtropical úmido, com verões quentes e invernos amenos, sem estação seca bem definida. Conforme arquivo climático da cidade, existente no *software* EnergyPlus, obteve-se a temperatura máxima, em dezembro, com valor de 27,73 ºC e a temperatura mínima de 6,42 ºC, ocorrendo no mês julho, no período de um ano.

Foram comparadas quatro configurações de fachada: (i) fachada aderida com revestimento cerâmico claro; (ii) fachada aderida com revestimento cerâmico escuro; (iii) fachada ventilada com revestimento claro; e (iv) fachada ventilada com revestimento escuro. As placas cerâmicas possuem dimensões de 60 × 120 cm e espessura de 11 mm. As cores escolhidas foram branco-gesso (com refletância solar de 0,60) e petróleo (com refletância solar de 0,30), representando dois extremos de absorção solar.

A fachada ventilada foi modelada com afastamento de 10 cm da parede base, com cavidade de ar aberta na base e no topo, simulando ventilação natural induzida termicamente. A fixação adotada foi do tipo grampo oculto, com suporte em perfis verticais metálicos, conforme solução técnica disponível no mercado. Essa camada ventilada foi adicionada sobre a mesma parede-base da configuração aderida, composta por bloco cerâmico, reboco interno e externo e argamassa colante. A Figura 2 apresenta a fachada ventilada com sistema de fixação de grampos ocultos, sendo que a primeira imagem corresponde a um o corte esquemático dos elementos que compõem a fachada ventilada - com sistema de grampos ocultos e a segunda imagem ao protótipo da fachada ventilada - com fixação por grampos ocultos.

Figura 2: Fachada ventilada com sistema de fixação grampos ocultos: (a) Corte esquemático dos componentes do sistema de fixação (Fonte: Catálogo Eliane Tec, 2019), (b) Protótipo.



Fonte: Autores

As propriedades térmicas de cada componente (resistência, condutividade, capacidade térmica, absortância e transmitância) foram definidas com base na biblioteca do LabEEE/UFSC e na norma ABNT NBR 15220-3: 2024. A transmitância térmica das fachadas completas foi calculada com base na equação de camadas em série. Para as fachadas, aderida e ventilada, foram empregadas placas cerâmicas de porcelanato com dimensões 60 x 120 cm e 11 mm de espessura, nas tonalidades gesso e petróleo, cujas características são mostradas na Tabela 1.

Tabela 1:Características térmicas das placas cerâmicas para fachadas

PROPRIEDADE (adimensional)	PLACA CERÂMICA COM ACABAMENTO NA TONALIDADE GESSO (claro)	PLACA CERÂMICA COM ACABAMENTO NA TONALIDADE PETRÓLEO (escuro)
Refletância solar	0,60	0,30
Absortância solar	0,40	0,70
Emitância solar	0,85	0,85

Fonte: Autores.

A transmitância térmica (U) das soluções de fachada foi calculada com base na composição em camadas dos materiais utilizados, seguindo metodologia conforme a ABNT NBR 15220-3: 2024 permite a utilização de simulações computacionais para avaliação do desempenho térmico de edificações habitacionais, desde que os critérios normativos sejam respeitados. Neste estudo, utilizou-se o software EnergyPlus, amplamente adotado em pesquisas acadêmicas e análises técnicas. A fachada aderida apresentou um valor de transmitância térmica de 1,57 W/m²·K para o revestimento claro e 1,58 W/m²·K para o escuro, enquanto a fachada ventilada obteve resultados ligeiramente melhores: 1,51 W/m²·K com revestimento claro e 1,52 W/m²·K com revestimento escuro. Essa diferença se deve à presença da câmara de ar ventilada, que funciona como uma barreira adicional à condução térmica, mesmo desconsiderando o fluxo de ar convectivo. Observa-se que a variação entre as cores influencia pouco na transmitância, indicando que seu principal impacto se dá na absorção da radiação solar e não na resistência térmica da camada sólida.

A ocupação do ambiente foi simulada com base em parâmetros típicos para edificações comerciais de médio porte: densidade de 1 pessoa por 7 m², carga térmica interna de 70 W/pessoa, iluminação de 10,7 W/m² e equipamentos com 15 W/m². O período de funcionamento considerado foi de segunda a sexta-feira, das 8h às 18h. A ventilação natural foi ativada durante o período de ocupação, considerando janelas operáveis.

Embora o EnergyPlus não represente dinamicamente o fluxo de ar convectivo da câmara ventilada – o chamado efeito chaminé –, essa limitação foi assumida e declarada como parte do escopo do estudo. A análise busca identificar diferenças de desempenho térmico entre as soluções, mesmo sob modelagem simplificada, com a intenção de destacar tendências e potenciais ganhos proporcionados pelo sistema ventilado e pela escolha da coloração superficial do revestimento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados obtidos a partir das simulações térmicas revelam diferenças no comportamento das configurações de fachadas analisadas, sobretudo em função da presença ou ausência da câmara de ar e da cor do revestimento cerâmico externo. A análise foi conduzida a partir das temperaturas internas observadas nas diferentes zonas térmicas do modelo, com especial atenção às orientações leste, oeste, norte e sul, e considerando tanto os períodos de verão quanto de inverno. A Figura 3 apresenta a temperatura interna para cada zona de ocupação, excetuando-se a zona central (ocupação transitória).

Como pode ser visualizado na Figura 3, as zonas voltadas para as orientações oeste e norte apresentaram as maiores temperaturas internas, especialmente durante o verão. Isso se deve à maior exposição à radiação solar direta nos períodos mais quentes do dia, conforme também destacado por Amorim et al. (2014), que ressaltam o impacto da insolação da tarde na carga térmica das edificações. Nesses casos, observou-se que as configurações com fachada ventilada apresentaram desempenho mais favorável na maioria dos horários simulados.

O efeito da cor do revestimento também foi notável. Nas fachadas com revestimento escuro, independentemente da tipologia (aderida ou ventilada), as temperaturas internas tenderam a ser mais elevadas do que nas configurações com revestimento claro. Essa diferença pode ser atribuída à maior absorção de radiação solar da superfície escura, que eleva a temperatura da camada externa da fachada e intensifica a transferência de calor para o interior. Li et al. (2025) também relatam que a refletância solar é um fator determinante no controle da carga térmica em climas subtropicais.

As Figuras 4 e 5 ilustram essa dinâmica térmica com base nas temperaturas superficiais externas e internas em diferentes fachadas. Na orientação norte, por exemplo, que recebe radiação solar direta ao longo do dia de forma mais constante, observou-se um comportamento térmico intermediário. A fachada ventilada clara

apresentou temperatura superficial interna até 1,5 °C inferior à da fachada aderida escura nos horários de maior incidência solar. Esse desempenho reforça que, mesmo sem o pico térmico da fachada oeste no fim da tarde, a fachada norte requer atenção, especialmente em edifícios com grande área envidraçada voltada para essa direção. Sanchez e Hancco (2024) destacam que fachadas bem ventiladas voltadas ao norte podem contribuir de forma significativa para o equilíbrio térmico diário, atuando tanto na dissipação quanto na retenção de calor, dependendo do período analisado.

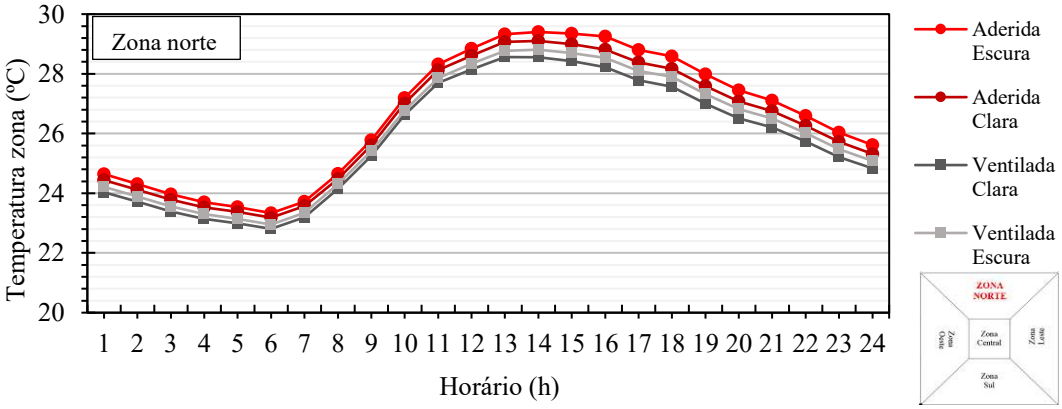
Já na orientação oeste, a diferença de temperatura superficial interna entre as fachadas ventiladas clara e escura chegou a 1,8 °C, mesmo com a mesma geometria e espessura. A ventilação natural na cavidade da fachada, funcionou como uma barreira térmica adicional, conforme observado também por Karanafti e Theodosiou (2024) em seus testes experimentais.

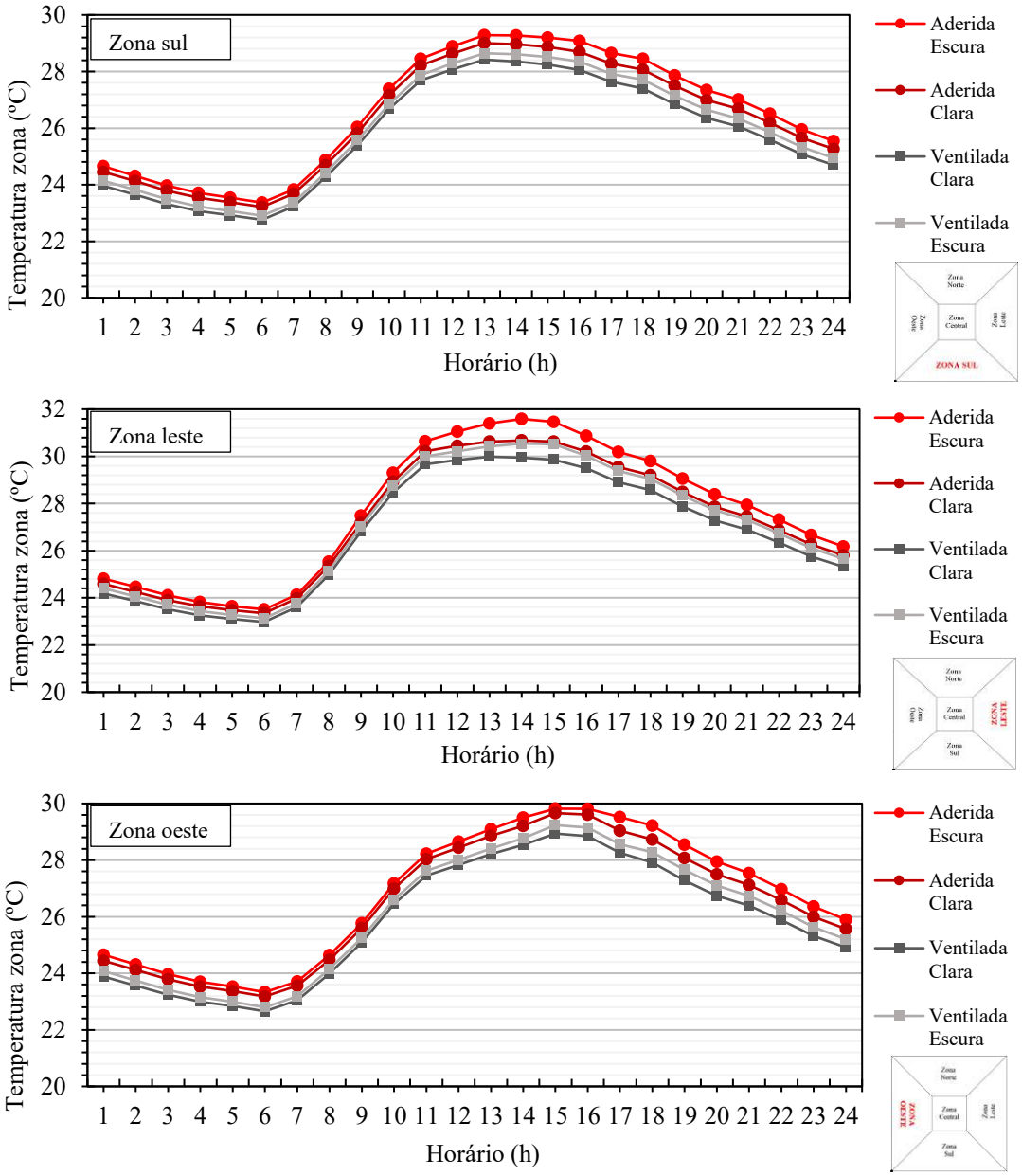
As zonas térmicas centrais do edifício apresentaram menores variações de temperatura ao longo do ano, comportamento esperado devido ao seu afastamento das fachadas externas. Essas zonas funcionaram como tampões térmicos e, em condições reais de uso, poderiam ser destinadas a funções menos sensíveis ao calor, como áreas de circulação ou apoio técnico. Essa lógica de zonificação térmica no projeto arquitetônico é reforçada por Barbosa et al. (2013), ao analisarem estratégias passivas e simulações computacionais com fachadas duplas para o controle térmico em ambientes internos.

Ao longo do período analisado, as simulações mostraram que as temperaturas internas foram consistentemente menores nos modelos com fachada ventilada, em especial nas estações mais quentes. No verão, as diferenças entre as quatro configurações chegaram a 2,4 °C nas zonas mais críticas. Esse valor é relevante em termos de conforto térmico e economia de energia, mesmo sem a presença de climatização artificial no modelo. Zhang et al. (2024) corroboram essa tendência, destacando que a fachada ventilada pode reduzir significativamente os picos de temperatura interna quando bem dimensionada.

Durante o inverno, as diferenças entre os cenários foram menos expressivas, o que era esperado, já que a carga térmica externa é reduzida nesse período. Ainda assim, mesmo com temperaturas externas mais baixas, a presença da câmara de ar ventilada continuou atuando como um isolante térmico, atenuando as trocas de calor com o ambiente. Pelletier et al. (2023) argumentam que, quando adequadamente projetadas, as fachadas ventiladas podem ser eficazes em diferentes estações, reduzindo tanto os ganhos quanto as perdas de calor.

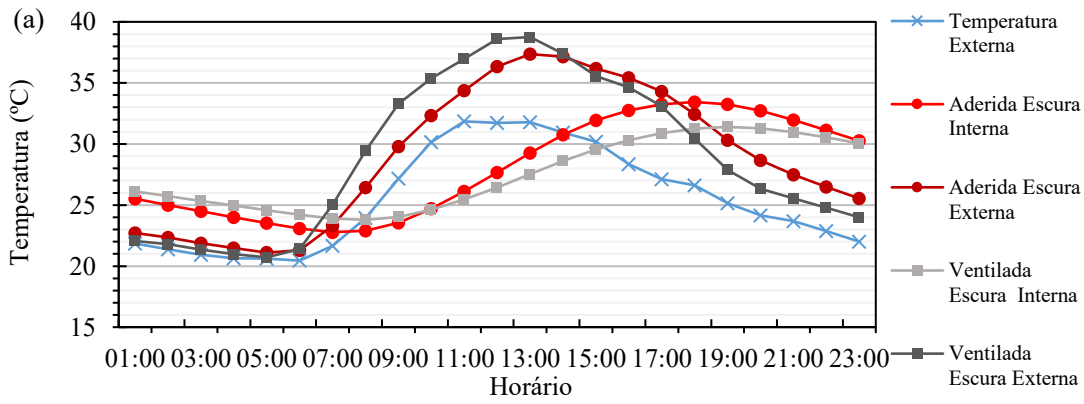
Figura 3: Temperaturas internas (a) zona norte, (b) zona sul, (c) zona leste, (d) zona oeste.

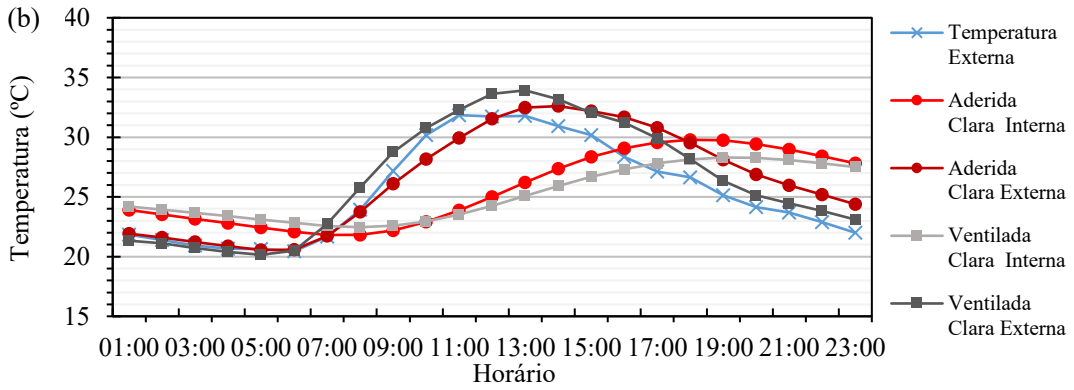




Fonte: Autores

Figura 4: Fachada Norte: temperaturas superficiais externas e internas (a) fachada escura, (b) fachada clara





Fonte: Autores

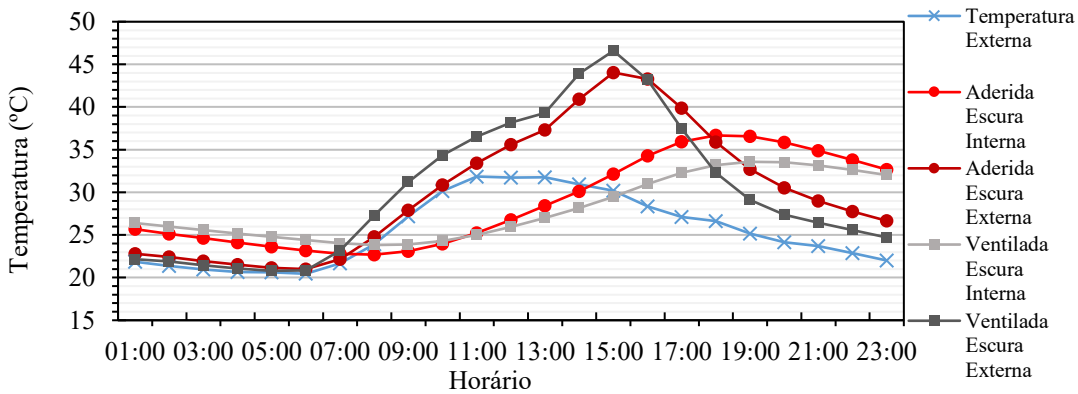
Os dados reforçam a importância não apenas da composição física da fachada, mas também das propriedades ópticas dos materiais utilizados. Embora a transmitância térmica das quatro configurações tenha variado pouco (entre 1,51 e 1,58 W/m²·K), o desempenho térmico real das fachadas foi significativamente influenciado pela refletância solar das superfícies externas. Essa distinção entre propriedades térmicas e ópticas é fundamental e foi amplamente discutida por Sanjuan et al. (2011).

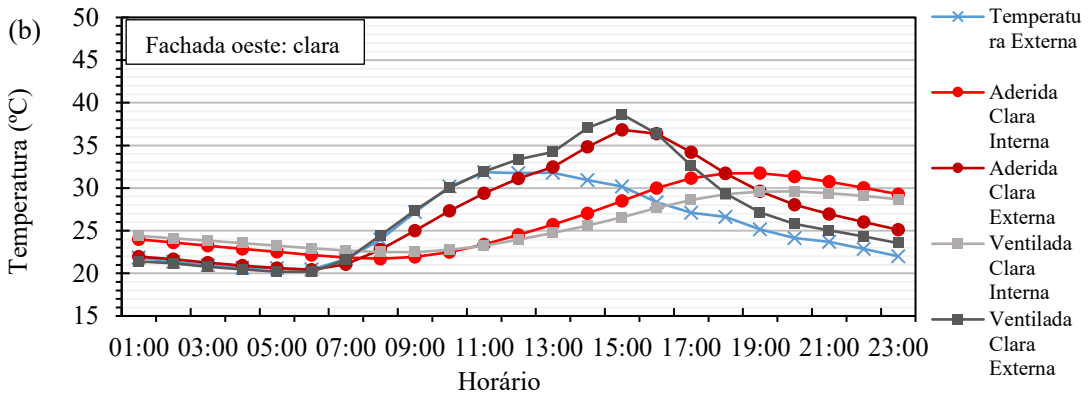
A Figura 5, ao ilustrar a evolução das temperaturas na fachada oeste, demonstra que a ventilação da câmara, mesmo modelada de forma simplificada, contribuiu para a redução da temperatura interna da parede. Esse comportamento foi mais evidente nas horas de maior incidência solar, confirmando o papel da câmara de ar, como também sugerido por Sanchez e Hancco (2024).

É importante considerar que os valores obtidos nas simulações devem ser interpretados com cautela, tendo em vista as limitações do modelo adotado. No entanto, como ressaltam Zheng et al. (2024), o EnergyPlus trata-se de uma ferramenta robusta para comparações relativas entre diferentes configurações construtivas, especialmente em fase de anteprojeto.

Ao sintetizar os dados obtidos, observa-se uma hierarquia clara de desempenho térmico: a fachada ventilada com revestimento claro apresentou os melhores resultados em praticamente todas as orientações e estações do ano, seguida pela ventilada escura, aderida clara e, por fim, aderida escura. Essa ordenação é coerente com o comportamento esperado com base na física do problema e é suportada por diferentes autores da literatura recente.

Figura 5: Fachada oeste: temperaturas superficiais externas e internas (a) fachada escura, (b) fachada clara





Fonte: Autores

Portanto, os resultados obtidos neste estudo demonstram a eficácia do sistema de fachada ventilada como estratégia de mitigação de cargas térmicas, sobretudo quando combinada com revestimentos de alta refletância. Os dados também evidenciam que decisões de projeto aparentemente simples – como a escolha da cor do material – podem gerar impactos significativos no conforto térmico e no desempenho energético da edificação ao longo do ano. Em climas subtropicais úmidos, como o de Urussanga – SC, essa combinação se mostra especialmente promissora e deve ser considerada como diretriz em projetos de arquitetura com foco em sustentabilidade e eficiência.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo analisou o desempenho térmico de quatro configurações de fachada – aderida e ventilada, com revestimento cerâmico claro e escuro – em uma edificação simulada para o clima subtropical úmido de Urussanga – SC. Por meio de simulações computacionais com o software EnergyPlus, foi possível avaliar o impacto da presença da câmara de ar e da refletância solar do revestimento sobre as temperaturas internas das zonas térmicas da edificação.

Os resultados demonstraram que as fachadas ventiladas apresentaram desempenho térmico superior às aderidas, especialmente quando associadas ao revestimento de coloração clara. Essa combinação foi a que obteve os melhores resultados, com redução de até 2,4 °C nas zonas mais expostas à radiação solar em comparação à fachada aderida escura. A orientação das fachadas e as propriedades ópticas do revestimento influenciaram diretamente o comportamento térmico, reforçando a importância da escolha consciente dos materiais e da estratégia construtiva.

No presente estudo, a câmara de ar foi modelada como uma camada estagnada, o que permite estimar parcialmente os benefícios da fachada ventilada, mas tende a subestimar seu desempenho real. Ainda assim, a análise comparativa foi válida para identificar tendências e hierarquias de desempenho entre as configurações avaliadas.

Dessa forma, o estudo contribui para o aprimoramento do processo projetual em climas semelhantes, oferecendo subsídios técnicos para a escolha de sistemas de fachada mais eficientes. Como continuidade, recomenda-se a utilização de ferramentas complementares, como simulações acopladas com Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD) ou ensaios experimentais, para aprofundar a análise do comportamento térmico real de fachadas ventiladas em condições climáticas brasileiras.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2024. 6 partes.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10821: esquadrias para edificações. Rio de Janeiro, 2021. 7 partes.

BARBOSA, Sabrina Andrade; TIBÚRCIO, Túlio Márcio de Salles; CARLO, Joyce Correna; GUIMARÃES, Ítalo Bruno Baleeiro. Método de utilização do programa Energyplus para verificação de desempenho térmico de ambientes com fachadas duplas. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 13, n. 4, p. 121–134, jul./set. 2013.

KARANAFTI, Aikaterina; THEODOSIOU, Theodoros. Summer thermal performance analysis of an opaque ventilated façade operating under the dynamic insulation principle. Energy & Buildings, v. 312, 114193, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114193 .

LI, Yilin; TAO, Wanting; LIU, Zewen; PENG, Yuke; ZHU, Lulu; LU, Hao; LUO, Aiwei; SU, Weiguang; DENG, Feng. Evaluation on the thermal and optical performance of a double skin facade with a semi-transparent phase change material blind system. Energy & Buildings, v. 336, 115551, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.115551 .

NADOUSHANI, Zahra S. Moussavi; AKBARNEZHAD, Ali; JORNET, Javier Ferre; XIAO, Jianzhuang. Multi-criteria selection of façade systems based on sustainability criteria. Building and Environment, v. 121, p. 67–78, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.05.016 .

PELLETIER, Kate; WOOD, Christopher; CALAUTIT, John; WU, Yupeng. The viability of double-skin façade systems in the 21st century: A systematic review and meta-analysis of the nexus of factors affecting ventilation and thermal performance, and building integration. Building and Environment, v. 228, 109870, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109870 .

SALA, Marco. The intelligent envelope: the current state of the art. Renewable Energy, v. 5, n. 1, p. 1039–1048, 1994. Disponível em: https://doi.org/10.1016/0960-1481(94)90131-7 .

SÁNCHEZ, M. N.; SANJUÁN, C.; SUÁREZ, M. J.; M.R. Heras. Experimental assessment of the performance of open joint ventilated façades with buoyancy-driven airflow. Solar Energy, v. 91, p. 131–144, maio 2013. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2013.01.019 .

SANCHEZ, Patrick Facelli; HANCCO, Lisset Mercado. Trombe walls with porous medium insertion and their influence on thermal comfort in flats in Cusco, Peru. Energy and Built Environment, v. 5, p. 194–210, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2022.09.003 .

SANJUAN, Cristina; SUÁREZ, María José; GONZÁLEZ, Marcos; PISTONO, Jorge; BLANCO, Eduardo. Energy performance of an open-joint ventilated façade compared with a conventional sealed cavity façade. Solar Energy, v. 85, n. 9, p. 1851–1863, set. 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.solener.2011.04.028 .

ZHANG, Chengyan; JI, Jie; TANG, Yayun; KE, Wei. Overall performance investigation of a CdTe double-skin ventilated facade integrated with a thermal catalytic air-type PV/T in heating and cooling seasons. Energy, v. 292, 130488, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.130488 .

ZHENG, Chenyuan; CHEN, Chen; HONG, Xiaoqiang; ZHANG, Weiyou; YANG, Ruiyang; SHI, Feng. Experimental evaluation of the thermal, lighting, and energy performances of a mechanically ventilated double-skin façade with Venetian blinds and a light shelf. Energy & Buildings, v. 306, 113947, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.113947 .