XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8588

Comportamento adaptativo em salas de aula em clima tropical: implicações para a qualidade do ar interno

Adaptive behavior in classrooms in a tropical climate: implications for indoor air quality

João Henrique Alves da Silva
Universidade Federal de Santa Catarina | Florianópolis | Brasil | joao.henrique@ifms.edu.br
Renata Cordeiro Peguin
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul | Jardim | Brasil | arq.renatacordeiro@gmail.com
Renata De Vecchi
Universidade Federal de Santa Catarina | Florianópolis | Brasil | redevecchi@gmail.com
Martin Gabriel Ordenes Mizgier
Universidade Federal de Santa Catarina | Florianópolis | Brasil | martin.ordenes@ufsc.br

Resumo
Este estudo investiga os determinantes do comportamento adaptativo de ocupantes em salas de aula de clima tropical de savana, sem intervenção informacional. A pesquisa baseou-se em monitoramento experimental de variáveis ambientais, comportamentais e contextuais. Foram analisadas ações operacionais, como o uso de sistemas de climatização e a abertura de janelas e portas, em associação com temperatura do ar, concentração de CO_2 e densidade de ocupação. A análise por regressão logística indicou que o comportamento dos ocupantes é predominantemente orientado por variáveis térmicas, enquanto a concentração de CO_2 não induziu ações adaptativas, mesmo sob acúmulo progressivo. Os resultados evidenciam uma dissociação entre qualidade do ar e comportamento dos usuários, reforçando a necessidade de tornar perceptíveis variáveis ambientais não sensoriais.
Palavras-chave: Comportamento dos ocupantes. Qualidade do ar interno. Conforto térmico. Sala de aula. Clima tropical.

Abstract
This study investigates the determinants of occupant behaviour in classrooms in a tropical savanna climate without informational intervention. The research was based on experimental monitoring of environmental, behavioural, and contextual variables. Operational actions, such as air-conditioning use and the opening of windows and doors, were analysed in relation to air temperature, CO_2 concentration, and occupancy density. Logistic regression analysis indicated that occupant behaviour is predominantly driven by thermal variables, whereas CO_2 concentration did not trigger adaptive actions, even under progressive accumulation. The results reveal a disconnect between indoor air quality and occupant behaviour, highlighting the need to make non-sensory environmental variables perceptible to users.

Keywords: Occupant behavior. Indoor air quality. Thermal comfort. Classrooms. Tropical climate.

Como citar:
SILVA, João Henrique Alves da; PEGUIN, Renata Cordeiro; DE VECCHI, Renata; MIZGIER, Martin Gabriel Ordenes. Comportamento adaptativo em salas de aula em clima tropical: implicações para qualidade do ar interno. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8588

INTRODUÇÃO

A qualidade ambiental interna (QAI) em edificações escolares é reconhecida como um fator determinante para a saúde, o bem-estar e o desempenho cognitivo dos ocupantes [1–3]. Paralelamente, o comportamento dos usuários exerce papel central no desempenho ambiental e energético dos edifícios, influenciando diretamente as condições internas por meio de ações operacionais, como a abertura de janelas e o uso de sistemas de climatização [4].

No contexto do comportamento adaptativo, evidências indicam que as variáveis térmicas tendem a predominar na tomada de decisão por serem diretamente perceptíveis, enquanto a qualidade do ar interno, frequentemente representada pela concentração de CO_2, tem menor capacidade de induzir ações devido à sua natureza imperceptível [5][6][7][8]. Como consequência, níveis elevados de CO_2 são frequentemente observados em ambientes escolares, mesmo quando existem possibilidades de ventilação natural [9][10].

O contexto escolar apresenta ainda particularidades que tornam o comportamento dos ocupantes mais complexo. Fatores como normas institucionais, rotinas de uso e a presença de agentes com maior poder de decisão, como professores, influenciam diretamente as ações sobre o ambiente, diferenciando esse tipo de edificação de outros contextos, como escritórios ou residências [11][12]. Além disso, estudos empíricos focados especificamente em escolas, especialmente em climas tropicais [13], ainda são limitados [9][10].

Embora avanços recentes indiquem o potencial de estratégias informacionais para estimular ações adaptativas [14][15][16], ainda são limitadas as evidências empíricas sobre como o comportamento dos ocupantes se manifesta em ambientes reais de uso, especialmente em salas de aula localizadas em climas tropicais. Nessas condições, a interação entre as variáveis térmicas, operacionais e contextuais pode limitar a adoção de estratégias passivas, influenciando diretamente a qualidade do ambiente interno.

Diante do exposto, este estudo tem como objetivo investigar os determinantes do comportamento adaptativo de ocupantes em salas de aula localizadas em clima tropical, a partir da análise integrada de variáveis ambientais e contextuais em ambiente real de uso.

MÉTODO

Neste estudo é adotada uma abordagem empírica baseada em monitoramento contínuo de variáveis ambientais e operacionais em ambiente real, com o objetivo de investigar os determinantes do comportamento adaptativo dos ocupantes.

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Esta pesquisa integra uma campanha experimental mais ampla, estruturada a partir da comparação entre dois cenários: (i) uma condição sem disponibilização de informações ambientais e (ii) uma condição com sinalização visual em tempo real. No

entanto, no presente artigo concentrou-se exclusivamente na análise do cenário sem intervenção informacional, com o objetivo de investigar o comportamento adaptativo dos ocupantes em sua condição espontânea.

A adoção desse recorte analítico permite compreender os padrões naturais de interação dos usuários com o ambiente, bem como identificar situações de ausência de ação frente a estímulos ambientais, especialmente no que se refere à ventilação natural.

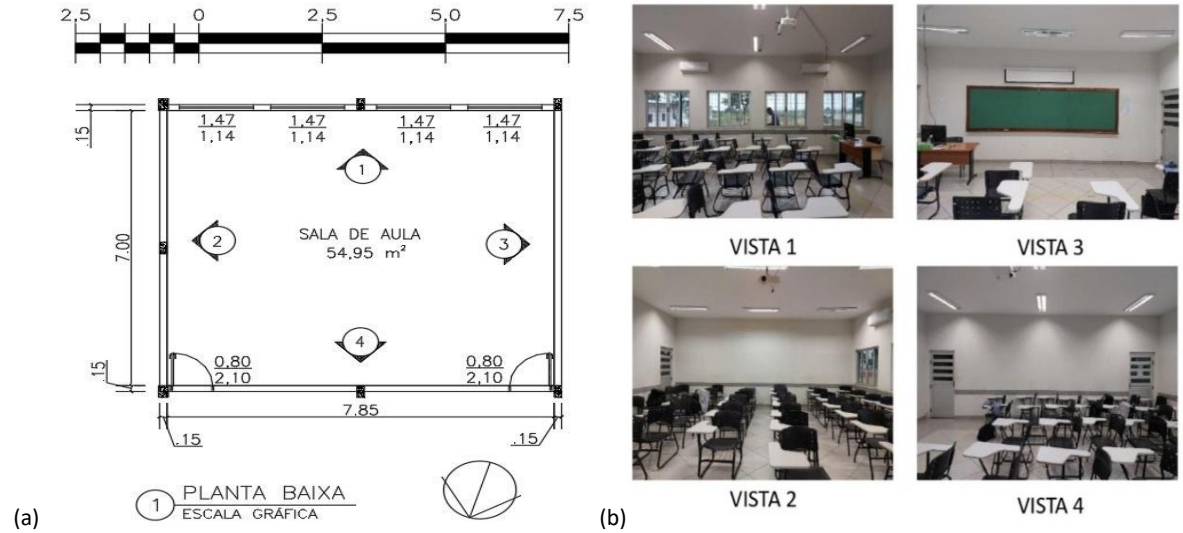
ESTUDO DE CASO E CONTEXTO CLIMÁTICO

O estudo foi conduzido em uma sala de aula do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul (IFMS), localizado no município de Jardim (MS), Brasil. A região apresenta clima tropical de savana (Aw), segundo a classificação de Köppen, zona 4A do Zoneamento Bioclimático Brasileiro e enquadra-se na zona climática 1A (quente e úmida), conforme a ASHRAE Standard 169, caracterizada por elevadas temperaturas ao longo do ano e predominância de demanda por resfriamento.

CARACTERIZAÇÃO DA SALA DE AULA

A sala analisada apresenta configuração retangular, com capacidade aproximada para 40 ocupantes e arranjo típico de ensino (Figuras 1 e 2). O ambiente é equipado com quatro janelas operáveis e uma porta, possibilitando a ventilação natural, além de dois aparelhos de ar-condicionado do tipo split (12.000 BTU/h cada), sem sistema de exaustão de ar externo.

Figura 1: Planta baixa e vistas da sala de aula analisada (a) e vistas (b)



(a) (b)

Fonte: os autores.

INSTRUMENTAÇÃO

As variáveis ambientais e comportamentais foram monitoradas por meio de equipamentos específicos, cujas especificações são apresentadas na Tabela 2, e posicionamento conforme ilustrado na Figura 2.

Tabela 2: Instrumentação e parâmetros de monitoramento utilizados na pesquisa

Instrumentos de monitoramento	Parâmetros de mensuração	Faixas de medição	Acurácia
Termo-higrômetro digital com data logger e sensor de CO_2 com Bluetooth (HOBO MX1102)	Concentração de CO_2 (ppm)	0 a 5000	±50.00 ppm a ±5.00%
	Temperatura do ar (T_a) (°C)	0 a 50	±0.21 °C
	Umidade relativa (RH) (%)	1 a 100	±2.00%
Confortímetro (SENSU)	Temperatura do ar (T_a) (°C)	0 a 100	±0.20 °C
	Temperatura de Globo (T_g) (°C)	0 a 80	±0.20°C
	Umidade relativa (RH) (%)	5 a 98	±3.00%
	Velocidade do ar (m/s)	0 a 3	±3.00%
Sensor de contato portas/janelas (Sonoff SNZB-04P, Zigbee 3.0)	Estado aberto/fechado	Binário (aberto/fechado)	—

Fonte: os autores.

COLETA DE DADOS

A campanha de medição foi realizada durante o período de verão, entre os dias 2 e 6 de março de 2026, contemplando aulas nos turnos matutino e noturno, de acordo com a rotina acadêmica da instituição.

Para caracterizar as condições de uso do ambiente e a variabilidade das sessões monitoradas, cada aula foi tratada como uma unidade de análise independente (ID AULA). Na Tabela 1 é apresentada a estrutura das sessões consideradas neste estudo, incluindo identificação, datas, períodos, horários de início e término e número de ocupantes.

Tabela 1: Caracterização das sessões monitoradas

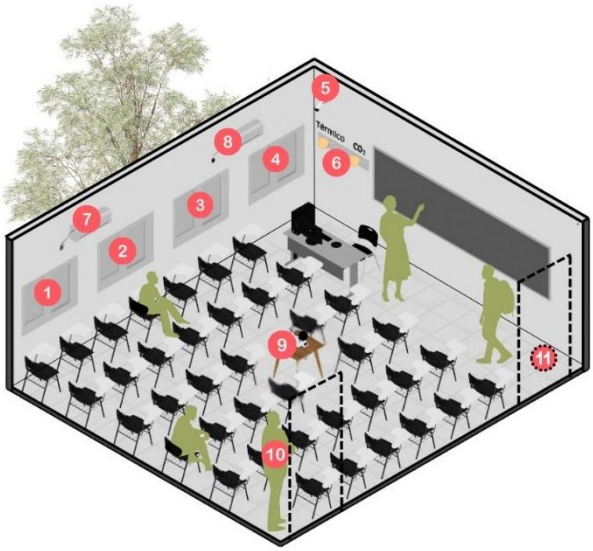
ID AULA	Data	Turno	Início da coleta	Fim da coleta	Nº de usuários	Masculino	Feminino
V01	02/mar	M	07:00	10:18	39	19	20
V02	02/mar	N	18:30	22:21	22	15	07
V03	03/mar	M	07:00	11:44	41	21	20
V04	03/mar	N	18:30	20:42	20	14	06
V05	03/mar	N	21:00	22:20	08	07	01
V06	04/mar	M	08:28	11:00	39	19	20
V07	04/mar	N	21:02	22:23	20	14	06
V08	05/mar	M	07:05	10:21	40	20	20
V09	05/mar	M	10:23	12:09	15	04	11
V10	05/mar	N	18:30	20:50	16	09	07
V11	05/mar	N	21:02	21:59	17	11	06
V12	06/mar	M	08:25	10:20	38	17	21

Fonte: os autores.

Foram monitoradas continuamente as variáveis ambientais, operacionais e contextuais ao longo de 12 sessões de aula, totalizando aproximadamente 29 horas de registro, com o objetivo de caracterizar as condições internas do ambiente e sua relação com o comportamento dos ocupantes. As variáveis ambientais incluíram a temperatura do ar, temperatura radiante média, umidade relativa, velocidade do ar e concentração de dióxido de carbono (CO_2), sendo esta última utilizada como o indicador da qualidade do ar interno. Os dados foram registrados em intervalos de um minuto, permitindo a análise detalhada da dinâmica temporal das condições ambientais ao longo dos períodos de ocupação. A temperatura do ar externo foi obtida a partir dos dados da estação meteorológica do INMET localizada no município de Jardim (MS).

Na Figura 2 é apresentada a representação esquemática do ambiente experimental, indicando a localização dos sensores, equipamentos de monitoramento e elementos operacionais considerados na coleta de dados.

Figura 2: Representação esquemática da sala de aula analisada



Fonte: os autores.
Nota: (1 - 4) Janelas com sensor de contato; (5) Câmera para registro comportamental; (6) Sinalizador visual; (7 e 8) Unidades de ar-condicionado; (9) Equipamento de monitoramento ambiental; (10) Pesquisador (observação de campo); (11) Porta 1 com sensor de contato.

O comportamento dos ocupantes foi acompanhado por meio de observação direta e sensores de estado instalados nas aberturas e nos equipamentos, possibilitando o registro das ações realizadas durante as aulas.

Os equipamentos de medição foram previamente calibrados e instalados no ambiente de forma a não interferir nas atividades regulares. Antes do início de cada aula, os dispositivos eram ativados com antecedência mínima de 20 minutos, garantindo a estabilização das medições e a confiabilidade dos dados coletados.

O estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CAAE: 74158323.4.0000.0121).

ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados foi conduzida com o objetivo de caracterizar as condições ambientais ao longo das aulas e investigar sua relação com o comportamento dos ocupantes, com ênfase na identificação de padrões de resposta — ou ausência de resposta — frente aos estímulos ambientais.

Inicialmente, foi realizada análise descritiva das variáveis ambientais, considerando a evolução temporal da temperatura do ar e da concentração de CO_2 ao longo dos períodos de ocupação.

Para a interpretação das condições ambientais, a concentração de CO_2 foi utilizada como indicador de ventilação, adotando-se como limite o valor de aproximadamente 1160 ppm, definido a partir da soma da concentração externa média (≈460 ppm) e um incremento de 700 ppm, conforme a ABNT NBR 17037 [17].

O conforto térmico foi avaliado por meio do índice *Predicted Mean Vote* (PMV), adotando-se a faixa de −1,0 a +1,0 como representativa de condições aceitáveis. A ampliação em relação aos limites clássicos de ±0,5 foi adotada para melhor representar as condições reais de uso, considerando a variabilidade ocupacional e operacional, conforme evidenciado na literatura [18][19].

Esses critérios foram utilizados como referência para a análise das condições ambientais e sua relação com o comportamento dos ocupantes, analisado a partir dos registros operacionais, especialmente relacionados ao uso dos sistemas de climatização. Foram avaliadas a frequência e a distribuição temporal dessas ações, bem como as condições ambientais no momento de sua ocorrência.

De forma complementar, foi aplicada regressão logística binária para investigar os fatores associados ao acionamento do sistema de climatização e abertura de janelas. A variável dependente correspondeu ao estado de operação do sistema (ligado/desligado; aberto/fechado), enquanto as variáveis independentes incluíram temperatura do ar, concentração de CO_2, número de ocupantes e tempo de permanência ao longo da aula. A escolha da regressão logística justifica-se pela natureza binária das variáveis dependentes, permitindo estimar a probabilidade de ocorrência das ações operacionais em função das condições ambientais e de ocupação.

RESULTADOS

Os resultados são apresentados a partir da análise das condições ambientais e do comportamento dos ocupantes ao longo das aulas, buscando evidenciar a relação entre a evolução das variáveis ambientais e as respostas operacionais — ou a ausência destas — em contexto real de uso.

CONDIÇÕES AMBIENTAIS

A análise das condições ambientais considerou a evolução temporal da temperatura do ar e da concentração de dióxido de carbono (CO_2) ao longo das aulas.

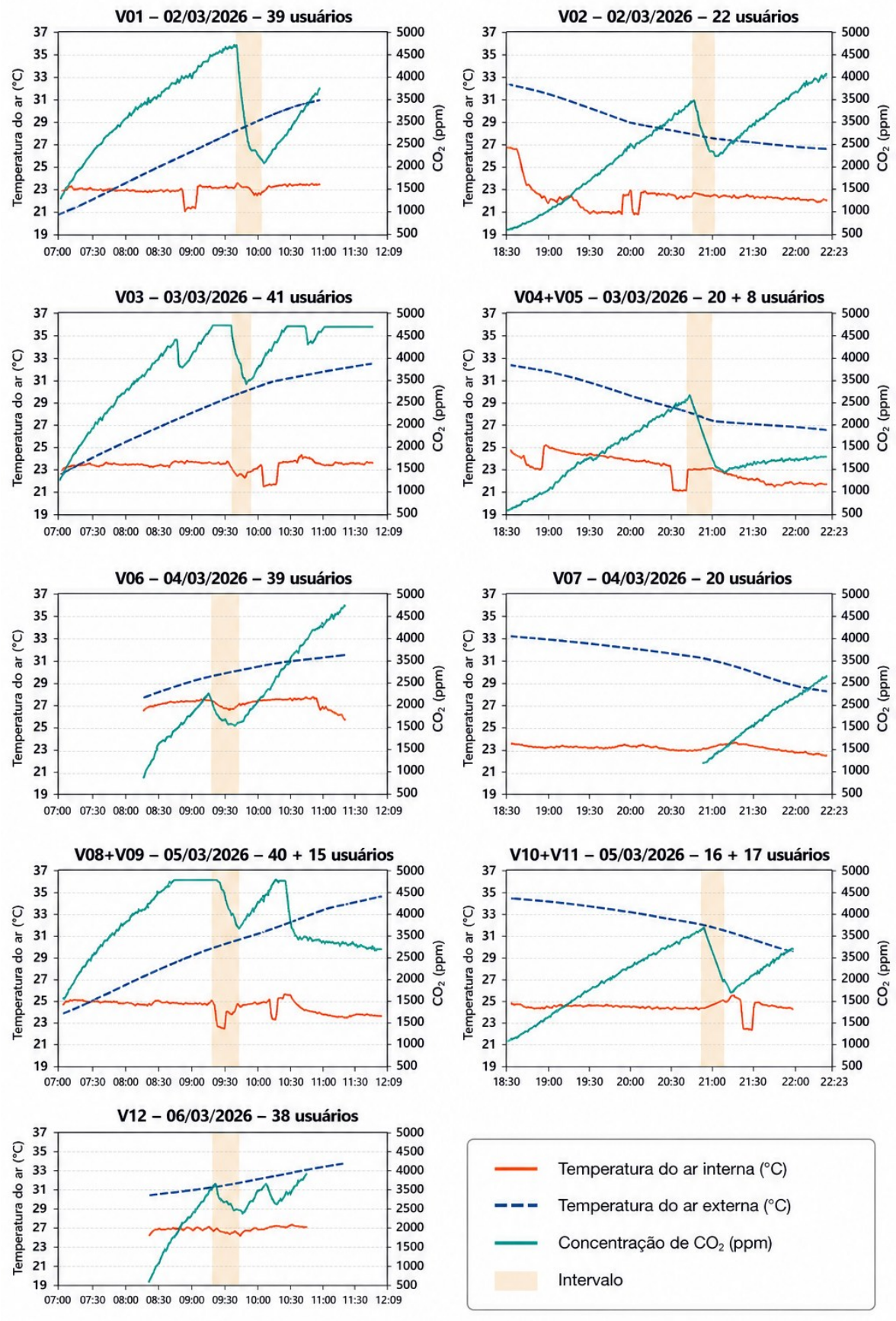
Na Figura 3 é apresentada a variação média horária da temperatura interna, temperatura externa e concentração de CO_2 durante os períodos de ocupação.

Os dados apresentados na Figura 3 indicam que, de forma geral, observou-se um padrão consistente de aumento progressivo da concentração de CO_2 durante os períodos de ocupação, tanto no turno da manhã quanto no noturno, independentemente da densidade de usuários. Esse comportamento indica a predominância de um regime de acúmulo, associado à permanência dos ocupantes em ambiente sem renovação efetiva do ar.

As reduções abruptas na concentração de CO_2 observadas em diferentes sessões estão

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8588

Figura 3: Variação temporal das condições ambientais (temperatura do ar interna, temperatura externa e CO_2) durante as aulas monitoradas



Fonte: os autores.

diretamente associadas aos intervalos entre as aulas, evidenciando que a redução das concentrações observadas está associada principalmente à desocupação do ambiente, e não a processos efetivos de renovação do ar. Esse comportamento é particularmente evidente nos casos com duas turmas consecutivas (V04+V05 e V10+V11), nos quais a queda de CO_2 coincide com o período de transição entre grupos, seguida por novo ciclo de aumento após o reinício da ocupação.

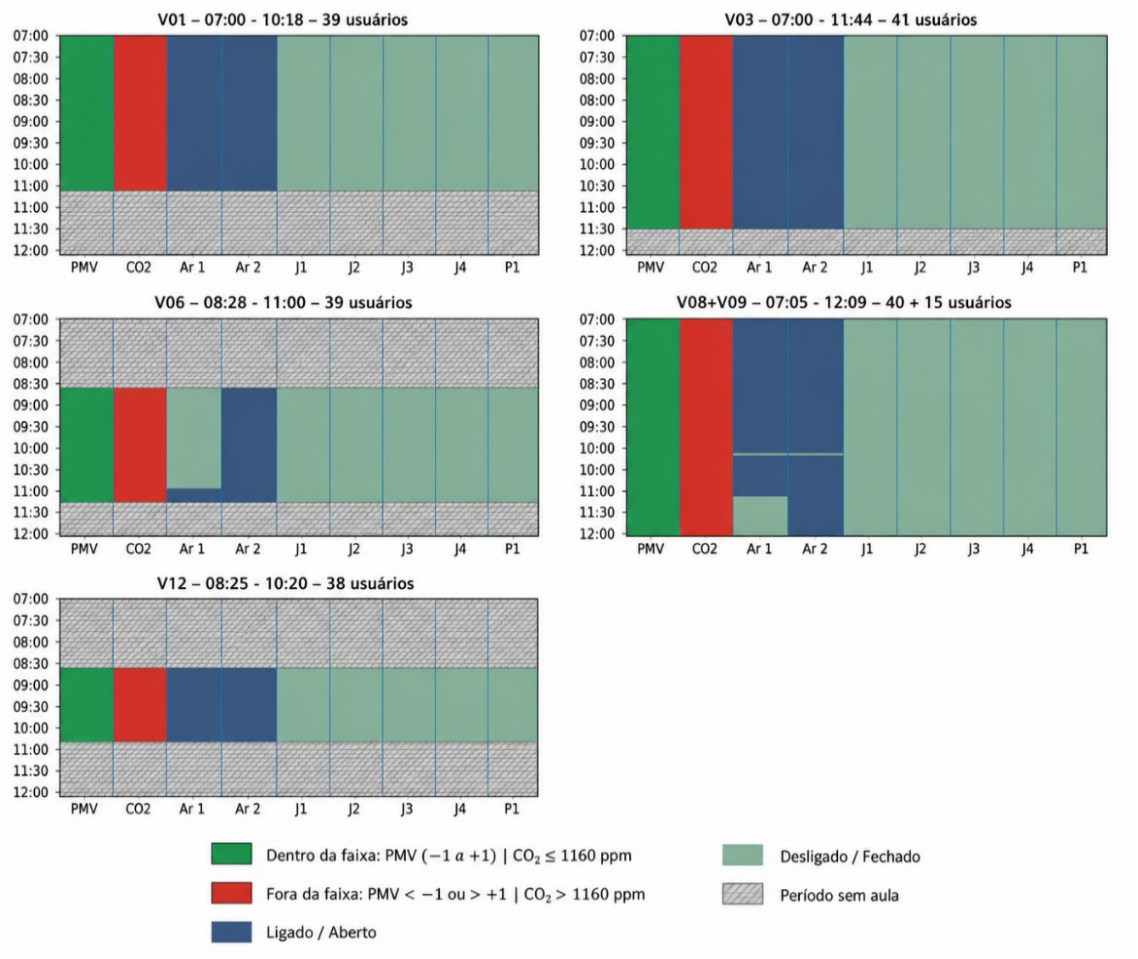
Em contraste, as temperaturas do ar interna e externa apresentam variações mais suaves ao longo do tempo. A temperatura externa segue tendência gradual, refletindo as condições climáticas do período, com elevação ao longo da manhã e redução progressiva no período noturno. A temperatura interna, por sua vez, mantém-se relativamente estável, com pequenas oscilações ao longo das aulas, indicando a atuação predominante dos sistemas de climatização e menor sensibilidade imediata às variações de ocupação.

COMPORTAMENTO DOS OCUPANTES NA INTERAÇÃO COM O AMBIENTE

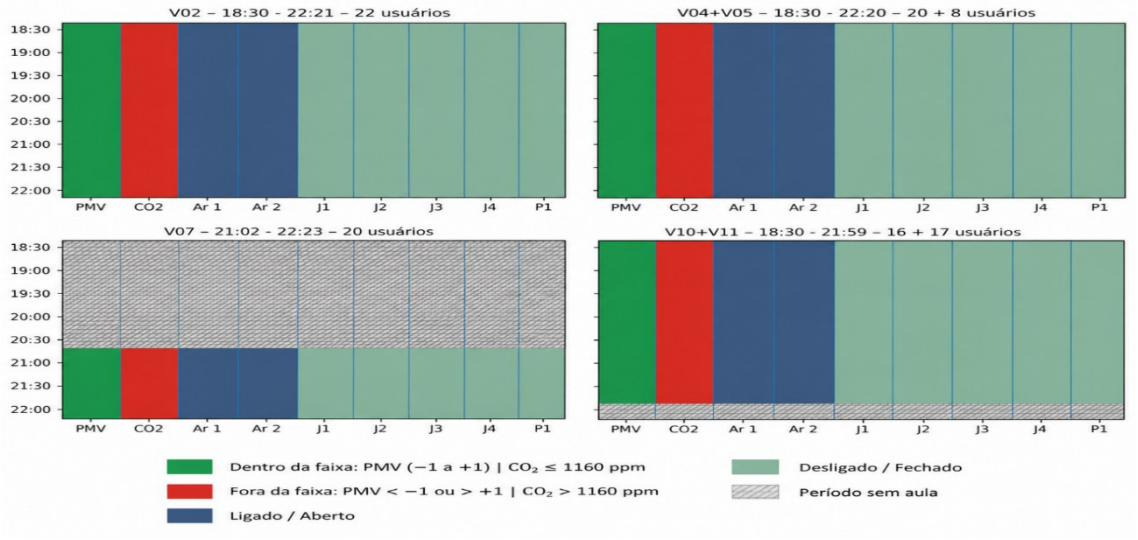
Na Figura 4ab são apresentados os padrões de comportamento dos ocupantes na interação com o ambiente ao longo das aulas, considerando simultaneamente as condições ambientais (PMV e CO_2) e as ações operacionais relacionadas ao uso de sistemas de climatização e às aberturas, para os períodos matutino e noturno.

Figura 4: Padrões de comportamento dos ocupantes e condições ambientais nos turnos matutino (a) e noturno (b)

(a)



(b)



Fonte: os autores.

De forma geral, observa-se um padrão consistente caracterizado pela ausência de ações voltadas ao uso da ventilação natural, com janelas e porta mantidas fechadas ao longo das aulas, independentemente do turno. Em contrapartida, verifica-se o uso contínuo dos sistemas de climatização, inclusive nos intervalos entre turmas.

Do ponto de vista ambiental, o PMV permanece predominantemente dentro da faixa de conforto (93,94%), enquanto a concentração de CO_2 apresenta valores majoritariamente acima do limite recomendado (93,04%), evidenciando acúmulo progressivo ao longo do tempo de ocupação, mesmo em sessões de menor duração.

Esse comportamento resulta em uma dissociação entre conforto térmico e qualidade do ar, na qual condições térmicas aceitáveis coexistem com níveis elevados de CO_2, sem que isso resulte em ações adaptativas por parte dos ocupantes.

MODELAGEM DO COMPORTAMENTO DOS OCUPANTES

Foi aplicada regressão logística para avaliar a influência das variáveis ambientais e de ocupação sobre o comportamento operacional dos ocupantes, considerando como variáveis dependentes o acionamento dos sistemas de climatização (Ar 1, Ar 2 e ambos) e a abertura de janelas. As variáveis independentes incluíram temperatura do ar interna e externa, umidade relativa, concentração de CO_2, densidade de ocupação e tempo de permanência em aula.

Tabela 3: Resultados da regressão logística para os estados operacionais do ambiente em função das variáveis ambientais e de ocupação

		Variáveis Dependentes			
		Ar 1	Ar 2	Ar 1 e Ar 2	Janelas
Variáveis Independentes	CO_2	0.750	0.001	0.001	NE
	T_{ar} interna	0.170	0.001	0.001	
	T_{ar} externa	0.420	0.001	0.003	
	UR	0.610	0.001	0.001	
	Densidade	0.810	0.001	0.940	
	Tempo	0.360	0.340	0.001	

Fonte: os autores.
NE: modelo não estimado devido à ausência de eventos de abertura de janelas. Valores de $p < 0,05$ indicam significância estatística; 0,05–0,10 indicam tendência.

Os resultados da Tabela 3 indicam que o comportamento dos ocupantes não é homogêneo entre os estados operacionais analisados. O Ar 1 não apresentou associação significativa com nenhuma variável ($p > 0,10$), sugerindo um padrão operacional estável e pouco responsivo às condições ambientais. Em contraste, o Ar 2 e o acionamento simultâneo dos equipamentos apresentaram associação significativa com a maioria das variáveis ($p < 0,05$), indicando maior sensibilidade a condições ambientais e de ocupação mais exigentes. A variável tempo foi significativa apenas para o acionamento simultâneo, sugerindo aumento da probabilidade desse estado ao longo do período de permanência.

A abertura de janelas não pôde ser modelada (NE) devido à ausência de eventos ao longo do período analisado. Esse resultado evidencia que, mesmo sob elevação da concentração de CO_2 e variações ambientais, não foram adotadas estratégias de ventilação natural, reforçando a ausência de resposta comportamental frente à degradação da qualidade do ar.

A diferença de comportamento entre os sistemas de climatização sugere a existência de padrões operacionais distintos no ambiente, possivelmente associados à configuração física, capacidade dos equipamentos ou estratégias de uso adotadas pelos ocupantes. Esse resultado indica que o comportamento não ocorre de forma homogênea, mas é influenciado por fatores específicos do sistema e do contexto de uso, reforçando a complexidade da interação ocupante–edifício.

DISCUSSÃO

Os resultados confirmam que o comportamento adaptativo é predominantemente orientado por variáveis térmicas, enquanto a concentração de CO_2 apresenta baixa capacidade de induzir ações, em linha com a literatura [5][6][7][8]. No entanto, a análise em contexto real permite avançar ao evidenciar como esse padrão se manifesta em salas de aula em clima tropical.

As condições observadas — temperaturas externas elevadas, uso contínuo de ar-condicionado e manutenção das aberturas fechadas — foram consistentes ao longo das aulas, indicando que a ausência de ventilação natural não é pontual, mas estrutural. Nesse cenário, os determinantes tornam-se claros: a temperatura do ar e o tempo de permanência influenciam o acionamento dos sistemas, enquanto o CO_2 não atua como gatilho comportamental.

Diferentemente de contextos onde a ventilação natural é viável, em clima quente a abertura de janelas implica desconforto térmico, levando à priorização do resfriamento mecânico. Assim, o comportamento observado não representa falha dos ocupantes, mas uma resposta coerente às condições ambientais [13].

Como consequência, ocorre acúmulo progressivo de CO_2 sem mecanismos espontâneos de mitigação, expondo os usuários a níveis inadequados de qualidade do ar, mesmo em condições térmicas aceitáveis, o que é preocupante à luz de estudos que associam CO_2 elevado a prejuízos cognitivos e à saúde [1][2][3].

Esses resultados indicam que, nesse contexto, a adaptação espontânea é insuficiente para garantir qualidade do ar interno. Estudos com sinalização visual demonstram que a informação em tempo real pode induzir mudanças comportamentais [14][15][16] mas, mesmo assim, em climas quentes, soluções arquitetônicas e operacionais tornam-se essenciais. Destaca-se, portanto, a necessidade de estratégias independentes da ação dos usuários, como sistemas de renovação de ar e exaustão mecânica, capazes de assegurar condições adequadas de ventilação em salas de aula. De acordo com a ABNT NBR 16401-3 [20] e a ASHRAE 62.1 [21], salas de aula devem receber vazões mínimas de ar exterior da ordem de 7,5 L/s por pessoa (aproximadamente 27 m^3/h por pessoa) para manutenção de níveis satisfatórios de qualidade do ar interior. Os resultados observados sugerem que a adaptação espontânea dos ocupantes não foi suficiente para garantir essas condições, reforçando a importância de soluções de ventilação independentes do comportamento dos usuários.

CONCLUSÃO

Este estudo investigou os determinantes do comportamento adaptativo de ocupantes em salas de aula em clima tropical, considerando um cenário sem intervenção informacional. Os resultados indicaram que o comportamento é predominantemente orientado por variáveis térmicas, especialmente pelo uso de sistemas de climatização, enquanto a concentração de CO_2 não se mostrou capaz de induzir ações adaptativas.

A ausência de ventilação natural ao longo das aulas, mesmo sob acúmulo progressivo de CO_2, evidencia que, nesse contexto, o comportamento observado não representa falha dos ocupantes, mas uma resposta coerente às condições ambientais, nas quais a priorização do conforto térmico limita a adoção de estratégias passivas.

Os achados reforçam que, em ambientes escolares localizados em climas quentes, a adaptação espontânea dos ocupantes apresenta limitações estruturais para garantir condições adequadas de qualidade do ar interno. Nesse contexto, destaca-se a necessidade de estratégias complementares ao comportamento dos usuários, incluindo soluções arquitetônicas e sistemas de ventilação mecânica, capazes de assegurar níveis adequados de renovação do ar e promover ambientes internos mais saudáveis.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de doutorado ao primeiro autor.

DECLARAÇÃO

Durante a preparação deste artigo, todos os autores utilizaram o ChatGPT (OpenAI, GPT-5.5) para apoio na revisão textual, melhoria da coesão e clareza da redação, adequação gramatical e organização do conteúdo. Após o uso da ferramenta, os

autores revisaram e editaram criticamente todo o material produzido, assumindo total responsabilidade pelo conteúdo final e pela versão publicada do artigo.

REFERÊNCIAS

[1] MENDELL, M. J.; HEATH, G. A. Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature. **Indoor Air**, v. 15, n. 1, p. 27–52, 2005. DOI: 10.1111/j.1600-0668.2004.00320.x

[2] FISK, W.; WARGOCKI, P.l; XIAOJING, Z. Do indoor CO 2 levels directly affect perceived air quality, health, or work performance?. **Ashrae Journal**, v. 61, n. 9, 2019.

[3] TWARDALLA, D.; *et al.* Effect of classroom air quality on students' concentration: results of a cluster-randomized cross-over experimental study. **Indoor Air**, v. 22, n. 5, p. 378–387, 2012. DOI: 10.1111/j.1600-0668.2012.00774.x

[4] BERARDI, U. A cross-country comparison of the building energy consumptions and their trends. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 123, p. 230–241, 2017. DOI: 10.1016/j.resconrec.2016.03.014.

[5] CHINAZZO, G.; *et al.* Quality criteria for multi-domain studies in the indoor environment: Critical review towards research guidelines and recommendations. **Building and Environment**, v. 226, p. 109719, 2022. DOI: 10.1016/j.buildenv.2022.109719.

[6] KIM, J.; DE DEAR, R. Nonlinear relationships between individual IEQ factors and overall workspace satisfaction. **Building and Environment**, v. 49, p. 33–40, 2012, DOI: 10.1016/j.buildenv.2011.09.022

[7] SCHWEIKER, M.; *et al.* Review of multi-domain approaches to indoor environmental perception and behaviour. **Building and Environment**, v. 176, p. 106804, 2020. DOI: 10.1016/j.buildenv.2020.106804.

[8] ZHAO, Y.; LI, D. Multi-domain indoor environmental quality in buildings: A review of their interaction and combined effects on occupant satisfaction. **Building and Environment**, v. 228, p. 109844, 2023, DOI: 10.1016/j.buildenv.2022.109844.

[9] FRANCESCHINI, P. B.; SCHWEIKER, M.; NEVES, L. O. Predictive modelling of multi-domain factors on window, door, and fan status in naturally ventilated school classrooms. **Building and Environment**, v. 264, n. June, p. 111912, 2024. DOI: 10.1016/j.buildenv.2024.111912.

[10] BERNARDI, N.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Environmental comfort in school buildings: A case study of awareness and participation of users. **Environment and behavior**, v. 38, n. 2, p. 155-172, 2006. DOI: 10.1177/0013916505275307.

[11] GHISI, E.; BAVARESCO, M.; SILVESTRE, A. G. C. Avaliação do comportamento de usuários em escritórios compartilhados em Florianópolis: estudo de caso sobre janelas, luminárias e aparelhos de ar-condicionado. **Ambiente Construído**, v. 24, p. e132319, 2024. DOI: 10.1590/s1678-86212024000100707.

[12] BALVEDI, B. F.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. A review of occupant behaviour in residential buildings. **Energy and Buildings,** v. 174, p. 495–505, 2018. DOI: 10.1016/j.enbuild.2018.06.049.

[13] VERMA, A.; *et al.* Tropical climates and the interplay between QAI and energy consumption in buildings: A review. **Building and Environment**, v. 242, p. 110551, 2023. DOI: 10.1016/j.buildenv.2023.110551.

[14] BASTIEN, D.; *et al.* The impact of real-time carbon dioxide awareness on occupant behavior and ventilation rates in student dwellings. **Energy and Buildings**, v. 310, p. 114132, 2024. DOI: 10.1016/j.enbuild.2024.114132.

[15] VELLEI, M.; *et al.* The effect of real-time context-aware feedback on occupants' heating behaviour and thermal adaptation. **Energy and Buildings**, v. 123, p. 179-191, 2016. DOI: 10.1016/j.enbuild.2016.03.045

[16] SILVA, J. H. A.; *et al.* Impact of visual CO_2 and thermal comfort indicators on adaptive behaviour and energy use in classrooms in a tropical climate. In: PLEA 2026 – Passive and Low Energy Architecture Conference, 2026, Costa Rica. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2026. No prelo.

[17] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 17037:**2023. Qualidade do ar interior em ambientes não residenciais climatizados artificialmente – Padrões referenciais. Rio de Janeiro, 2023.

[18] SILVA, J. H. A.; *et al.* Validação do sistema de um sinalizador visual como ferramenta de previsão das condições de conforto térmico em ambientes escolares. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2024. p. 1–18. DOI: 10.46421/entac.v20i1.6217.

[19] ARENS, E.; *et al.* Are 'class A'temperature requirements realistic or desirable?. **Building and Environment**, v. 45, n. 1, p. 4-10, 2010.

[20] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16401-3: Instalações de ar-condicionado — Sistemas centrais e unitários — Parte 3: Qualidade do ar interior**. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

[21] AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2025: Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality**. Atlanta: ASHRAE, 2025.