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.v21i1.8663

Análise da ventilação natural em salas de aula de um Centro Municipal de Educação Infantil: uso de modelos físicos reduzidos

Analysis of natural ventilation in classrooms of a Municipal Center Childhood Education Center: use of reduced-scale physical models.

Amanda Karoline Santana Cassula
Universidade Estadual de Maringá| Maringá | Brasil | ra129409@uem.br
João Ricardo Gabriel Sass
Universidade Estadual de Maringá| Maringá | Brasil | ra129409@uem.br
Beatriz Arantes Martinez
Universidade Estadual de Maringá| Maringá | Brasil | bamartinez2@uem.br
Marieli Azoia Lukiantchuki
Universidade Estadual de Maringá | Maringá| Brasil | malukiantchuki2@uem.br

Resumo

A ventilação natural é uma eficiente estratégia para o condicionamento térmico passivo de edificações em regiões tropicais como o Brasil, principalmente em ambientes com alta densidade ocupacional como as salas de aula. Este estudo tem como objetivo analisar o desempenho da ventilação natural, de forma qualitativa, em salas de aula do Centro Municipal de Educação Infantil Dilce de Lima Ramalho, na cidade de Maringá-PR. O método adotado baseia-se na caracterização climática local, análise projetual, construção de um modelo físico reduzido e em ensaios experimentais qualitativos do fluxo de ar. Os resultados indicam que a disposição e a altura das aberturas influenciam diretamente na eficiência da ventilação natural. Como contribuição, o estudo reforça a importância da integração entre estratégias passivas e decisões projetuais, além de evidenciar o uso de modelos físicos simplificados como ferramenta de apoio à análise e ao desenvolvimento de soluções arquitetônicas mais eficientes.

Palavras-chave: Ventilação natural. Ambientes escolares. Modelos físicos reduzidos.

Abstract

Natural ventilation is an efficient strategy for passive thermal conditioning of buildings in tropical regions such as Brazil, especially in environments with high occupancy density such as classrooms. This study aims to qualitatively analyze the performance of natural ventilation in classrooms at the Dilce de Lima Ramalho Municipal Early Childhood Education Center in the city of Maringá-PR. The method adopted is based on local climate characterization, design analysis, construction of a reduced physical model, and qualitative experimental tests of airflow. The results indicate that the arrangement and height of the openings directly influence the efficiency of natural ventilation. As a contribution, the study reinforces the importance of integrating passive strategies and design decisions, in addition to highlighting the use of simplified physical models as a tool to support the analysis and development of more efficient architectural solutions.

Keywords: Natural ventilation. School environments. Reduced-scale physical models.

Como citar:
CASSULA, A. K. S. et al. Análise da ventilação natural em salas de aula de um Centro Municipal de Educação Infantil: uso de modelos físicos reduzidos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

INTRODUÇÃO

A ventilação natural é uma eficiente estratégia para o condicionamento térmico passivo de edificações em regiões tropicais como o Brasil. Apesar do Brasil possuir um clima variado, devido ao seu imenso território e por se localizar entre dois trópicos, grande parte do território brasileiro possui um clima quente e úmido, em que a ventilação natural, associada à proteção solar, é a estratégia passiva mais eficiente para se alcançar o conforto térmico sem o resfriamento mecânico [1] [2].

A ventilação natural tem como principais funções 1) promover o conforto térmico pela dissipação do calor do corpo humano por convecção e evaporação, principalmente quando as temperaturas e as taxas de umidade relativa são elevadas [3]; 2) higiênica, melhorando a qualidade do ar interno por meio da renovação contínua do ar. Essas funções tornam-se ainda mais importantes em ambientes com alta densidade ocupacional, como salas de aula, pois a propagação de doenças ocorre com maior intensidade em ambientes fechados e saturados [4] [5] [6] [7]. Nesse contexto, a ventilação natural auxilia na redução de mofo e no controle da transmissão aérea de doenças infecciosas, mantendo os ambientes saudáveis e produtivos [8].

O projeto de escolas muitas vezes segue modelos padronizados, resultantes de processos de planejamento, construção e manutenção realizados por órgãos públicos que, ao tentar otimizar esses serviços, não consideram aspectos ambientais [9]. No entanto, existem unidades de Centros Municipais de Educação Infantil na cidade de Maringá, no Paraná, desenvolvidas de forma singular. Destaca-se o Centro Municipal de Educação Infantil Dilce de Lima Ramalho, projetado pelo escritório Verri e Galvão. O projeto apresenta características relevantes para a ventilação natural das salas de aula, como aberturas em paredes opostas e em diferentes alturas, favorecendo a ventilação cruzada vertical.

O uso da ventilação natural torna-se mais efetivo quando considerado desde a concepção do projeto. Entretanto, projetar é um processo complexo que busca solucionar problemas com diferentes níveis de dificuldade, envolvendo questões técnicas, artísticas, funcionais e ambientais, entre outras [10]. Como apoio ao processo projetual e à integração dessas variáveis, ressalta-se a necessidade do uso de diferentes métodos e ferramentas [9].

Diversas pesquisas apontam dificuldades em transferir o conhecimento científico para a prática profissional [11] [12]. Um dos maiores problemas para a incorporação dos conceitos de conforto pelos arquitetos está na dificuldade de representação visual desses fenômenos e de sua transposição para os projetos, principalmente com relação à ventilação natural [11]. Por ser um fenômeno invisível, o movimento do ar é frequentemente representado por esquemas durante o projeto, sem verificação de sua eficácia. Nesse contexto, destaca-se a necessidade de ferramentas de análise que forneçam dados confiáveis e auxiliem na compreensão do comportamento da ventilação natural durante as fases de projeto [12] [13]. Por fim, o uso de modelos físicos permite verificar características projetuais e orientar possíveis ajustes [14].

Diante disso, o presente artigo objetivou analisar o desempenho qualitativo da ventilação natural em salas de aula do CMEI Dilce de Lima Ramalho através da construção de um modelo físico simplificado em escala reduzida.

MÉTODO

O método está dividido em 5 etapas: 1. Caracterização climática de Maringá – PR; 2. Caracterização do edifício e análise projetual; 3. Construção do modelo físico em escala reduzida; 4. Ensaios experimentais; e 5. Forma de análise dos resultados.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8663

CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DE MARINGÁ-PR

O município de Maringá está localizado no norte do Paraná, na latitude -23°25’31”, longitude -51°56’19” e altitude de 596 m. De acordo com a classificação climática de Köppen [15], a cidade enquadra-se no tipo Cfa, subtropical úmido de altitude. A caracterização climática e bioclimática foi realizada a partir dos dados climáticos disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2018) [16], pelo ProjetEEE [17] e pelo *software* Climate Consultant 6.0 (2021). Foram analisadas as variáveis de temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar, direção e velocidade dos ventos e a carta bioclimática visando identificar as estratégias recomendadas para a cidade, a fim de fundamentar as análises climáticas e bioclimáticas do estudo.

CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO E ANÁLISE PROJETUAL

O Centro Municipal de Educação Infantil analisado é o CMEI Professora Dilce de Lima Ramalho, localizado em Maringá - PR. O projeto é de Verri & Galvão Arquitetos e o terreno de implantação do CMEI possui 2.000 m² de área (20m x 100m) (Figura 1).

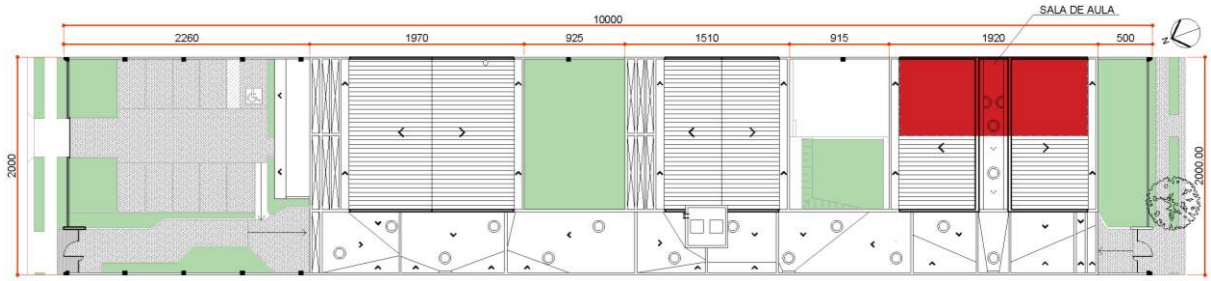
Figura 1: Imagem aérea com implantação do CMEI analisado



Fonte: os autores, adaptado de Google Earth.

A edificação, que abriga 180 crianças distribuídas em três fases do ensino (berçário, maternal e pré-escola), possui 2.198,79 m² de área construída, distribuídos em dois pavimentos, e está implantada sem recuos laterais. Considerando o foco desta pesquisa, são estudadas duas salas de aula, situadas no segundo pavimento (Figura 2).

Figura 2: Implantação do CMEI e localização das salas analisadas



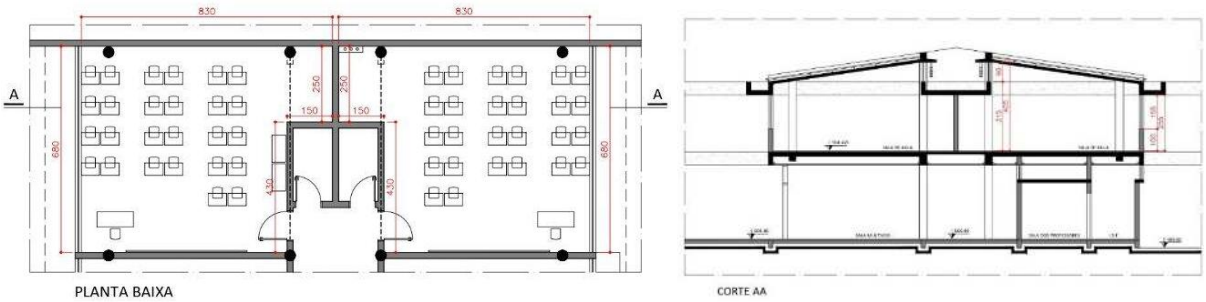
Fonte: os autores, com base no projeto de Verri & Galvão Arquitetos.

As salas apresentam duas faces externas, sudoeste e nordeste (essa voltada para o interior do lote), além de duas faces internas, com contato indireto com o ambiente

externo por meio de abertura junto à cobertura. A escolha desses ambientes baseou-se nos seguintes critérios: alta densidade ocupacional e elevado tempo de permanência dos usuários (nos períodos matutino e vespertino); configuração das aberturas que possibilita ventilação natural cruzada; e adoção de estratégias passivas, como dispositivos de sombreamento.

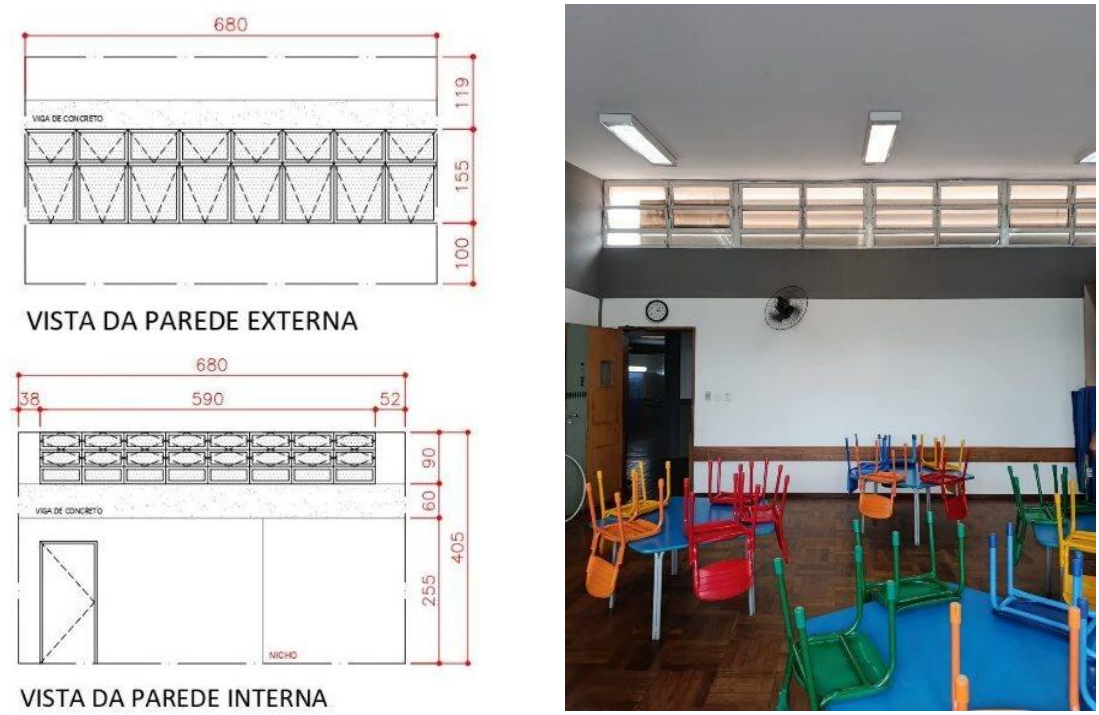
Ambas as salas possuem área aproximada de 50 m², com pé-direito variando entre 2,55 m na extremidade mais baixa e 4,05 m na extremidade mais alta (Figura 3). Na fachada externa, há uma janela contínua do tipo maxim-ar, que se estende por toda a largura da parede. Na face interna, há uma porta com dimensões de 0,90 × 2,10 m e uma janela basculante junto à laje, composta por folhas móveis na porção superior e fixas na porção inferior. As aberturas permitem inclinação de até 90°, com uma área efetiva de ventilação de aproximadamente 100% (Figura 4). A análise projetual foi realizada com base nos materiais adquiridos no acervo do escritório Verri & Galvão, tendo complemento da literatura especializada.

Figura 3: Planta e corte do conjunto de salas analisadas



Fonte: os autores, com base no projeto de Verri & Galvão Arquitetos.

Figura 4: Configuração das aberturas das salas analisadas



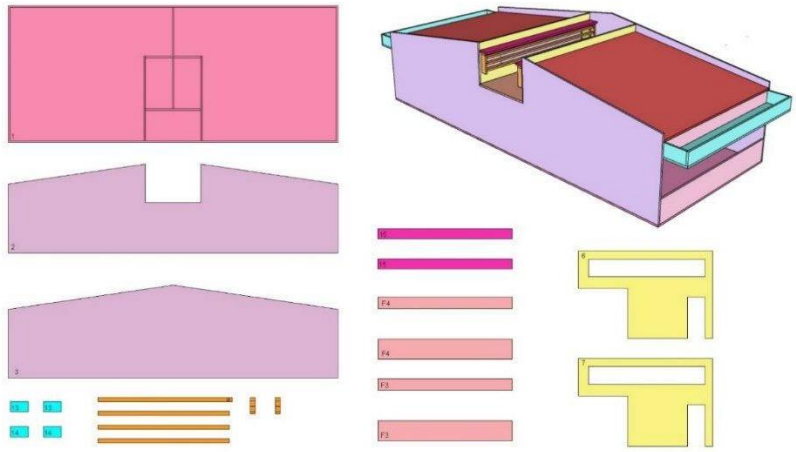
Fonte: os autores, com base no projeto de Verri & Galvão Arquitetos.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8663

CONSTRUÇÃO DO MODELO FÍSICO EM ESCALA REDUZIDA

Para a realização de ensaios simplificados do comportamento do fluxo de ar no interior das salas de aula, foi construído um modelo físico em escala reduzida das mesmas (escala 1:25 com dimensões de 0,66 m × 0,27 m × 0,18 m). Para tanto, planificações das salas foram desenhadas no s*oftware* AutoCAD e modeladas em 3D no s*oftware* SketchUp (Figura 5). Posteriormente, os desenhos foram utilizados para o corte a *laser* das peças em material acrílico transparente de espessura 2 mm.

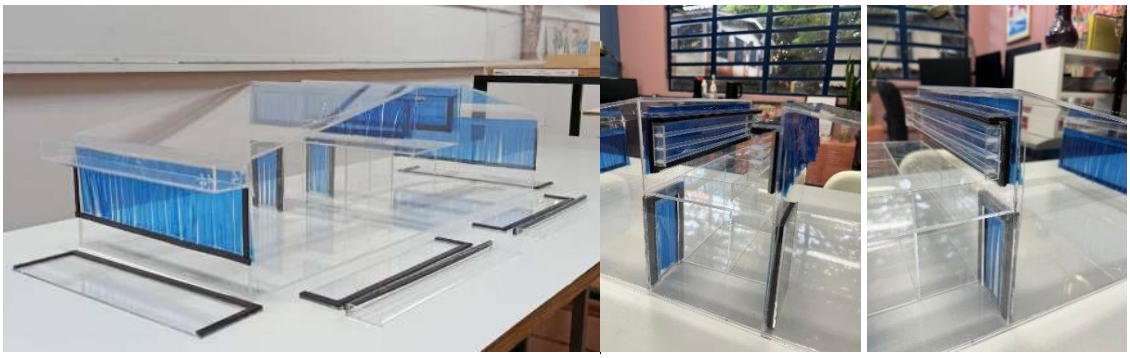
Figura 5: Planificação das peças do Modelo e isométrica da modelagem feita no Sketchup



Fonte: os autores.

A escolha do material visou facilitar a visualização dos ensaios e conferir maior resistência ao modelo. As peças foram coladas com adesivo específico, garantindo a vedação das frestas. As aberturas foram concebidas de forma flexível, com ímãs nas bordas das janelas e peças de fechamento, permitindo rápida abertura e fechamento conforme a configuração avaliada. Os brises, também ajustáveis, possibilitam a variação de sua distância em relação às aberturas. Em cada abertura, foram simuladas cortinas para visualização da trajetória do fluxo de ar durante os ensaios (Figura 6).

Figura 6: Modelos Físico em escala reduzido finalizado



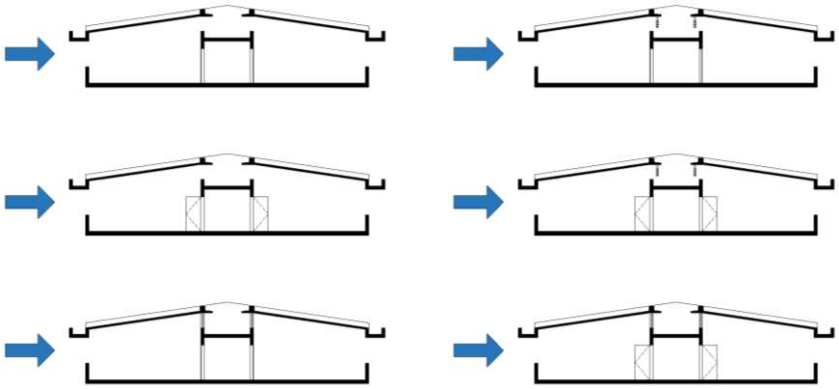
Fonte: os autores.

ENSAIOS EXPERIMENTAIS

Foram realizados ensaios experimentais simplificados em modelo físico reduzido, com o objetivo de analisar qualitativamente o comportamento do fluxo de ar interno. As salas foram analisadas em seis configurações: 1) todas as janelas abertas (barlavento e sotavento) e porta de acesso fechada; 2) todas as janelas abertas (barlavento e

sotavento), com uso de brise na janela superior e porta de acesso fechada; 3) todas as janelas abertas (barlavento e sotavento) e porta de acesso aberta; 4) todas as janelas abertas (barlavento e sotavento), com uso de brise na janela superior e porta de acesso aberta; 5) apenas a janela a barlavento aberta, com janela a sotavento e porta de acesso fechadas; 6) apenas a janela a barlavento aberta, com janela a sotavento fechada e porta de acesso aberta (Figura 7).

Figura 7: Possibilidades dos experimentos, em sequência da esquerda para direta, de cima para baixo



Fonte: os autores.

Para a execução dos ensaios simplificados foi utilizado um ventilador de diâmetro maior que a dimensão lateral da maquete, para simular o efeito do vento tangenciando as faces laterais do edifício. Desse modo, utilizou-se um ventilador com três velocidades de ventilação, potência 100 v e 0,50 m de diâmetro. O fluxo utilizado foi o médio, pois o mais fraco não movimenta as cortinas adequadamente e o mais forte as desordenada em demasia, dificultando a visualização do fenômeno. O modelo foi posicionado com sua face menor voltada para o ventilador, localizado a 0,50 m da maquete (Figura 8). Apesar de ser um estudo qualitativo, ressalta-se a importância de estimar a velocidade do ar, o que será incorporado em pesquisas futuras.

Figura 8: Posicionamento do Modelo com o ventilador para a realização dos ensaios



Fonte: os autores.

FORMA DE ANÁLISE DOS RESULTADOS

O fluxo de ar nas salas foi analisado através de vídeos e fotografias de alta qualidade visando representar o comportamento qualitativo do fluxo de ar.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8663

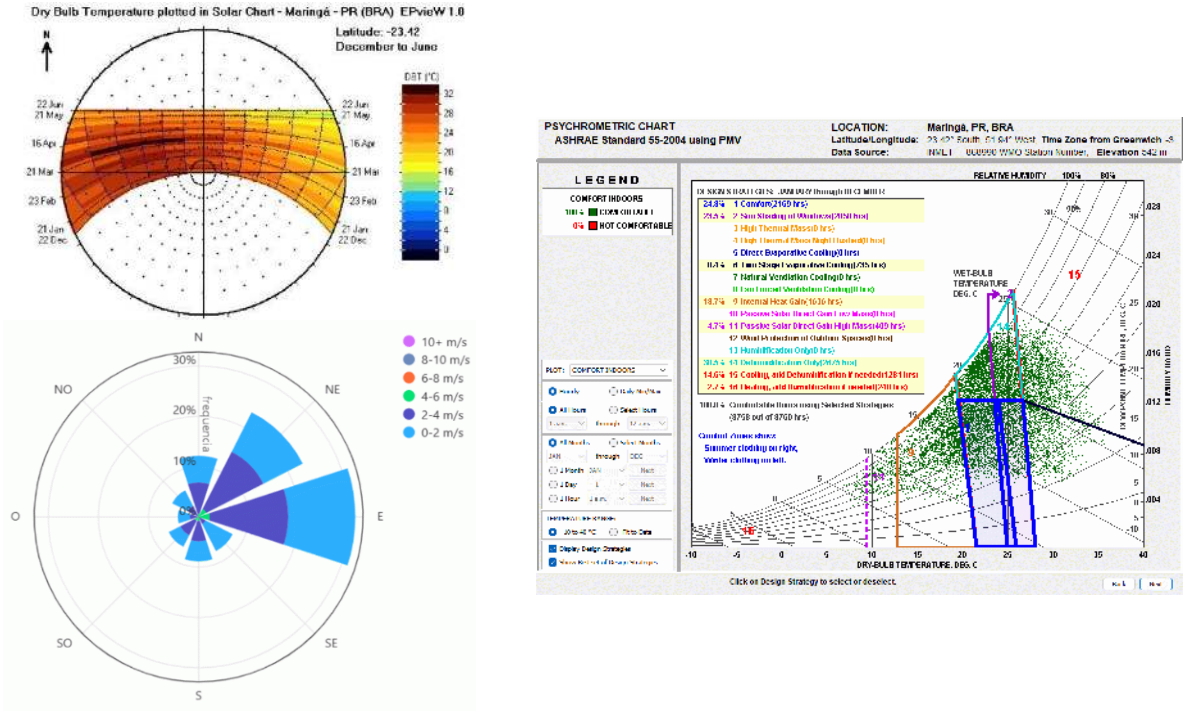
RESULTADOS

CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E BIOCLIMÁTICA

De acordo com a classificação climática de Köppen [15], o clima Cfa caracteriza-se por verões quentes, com concentração de chuvas nesse período e ausência de estação seca definida. Com base em dados do INMET [16] verificou-se que as temperaturas médias anuais variam entre 18 °C e 28,4 °C, com umidade relativa média de 68,4%. Quanto aos ventos predominantes, observou-se direção entre leste e nordeste, com velocidades entre 0 e 4 m/s, sendo 2 m/s a faixa mais recorrente (Figura 9).

Segundo a plataforma Projeteee [17], o clima de Maringá apresenta 41% das horas do ano em conforto térmico, 29% em desconforto por frio e 30% em desconforto por calor. Diante disso, as estratégias projetuais recomendadas incluem inércia térmica para aquecimento no inverno e ventilação natural e sombreamento das aberturas no verão. Observou-se que aproximadamente 24,8% das horas do ano encontram-se na zona de conforto térmico (Figura 9) e entre as estratégias passivas recomendadas, destacam-se o sombreamento das aberturas (23,5%) e a ventilação natural (30,5%).

Figura 9: Carta solar com a temperatura ao longo do ano (à esquerda acima) e rosa dos ventos de Maringá (à direita abaixo) e carta bioclimática para Maringá-PR.



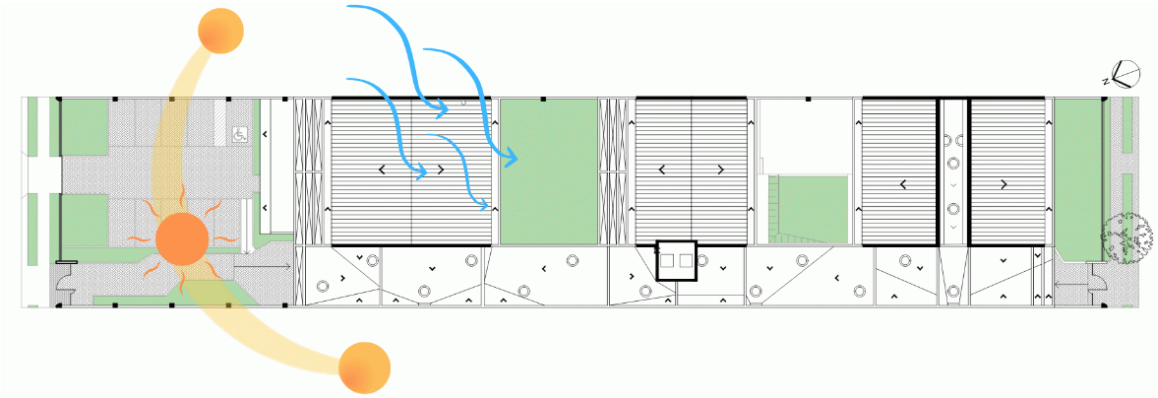
Fonte: os autores.

ANÁLISE PROJETUAL

A implantação do projeto foi condicionada pela extensão do terreno, localizado na antiga zona de armazéns da cidade. A edificação foi posicionada de modo a aproveitar a testada do lote, sem recuos laterais. Para garantir ventilação e iluminação naturais, foram abertos pátios entre os blocos, favorecendo a relação com o exterior e a orientação das aberturas em relação aos ventos predominantes de leste e nordeste (Figura 10).

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8663

Figura 10: Implantação do CMEI análisado e esquema dos ventos dominantes



Fonte: os autores, 2026, com base no projeto disponibilizado por Verri & Galvão arquitetos.

A ventilação natural no corredor que conecta os blocos no primeiro pavimento ocorre por meio de aberturas voltadas para os pátios, onde foram instalados brises móveis em alumínio, que permitem a regulagem do fluxo de ar e o fechamento em dias de chuva. Na extremidade oposta, adota-se solução semelhante, com a combinação de elementos fixos e móveis, garantindo ventilação e segurança. Entretanto, a falta de manutenção impede a operação de alguns módulos (Figura 11).

Figura 11: Detalhe dos brises do corredor



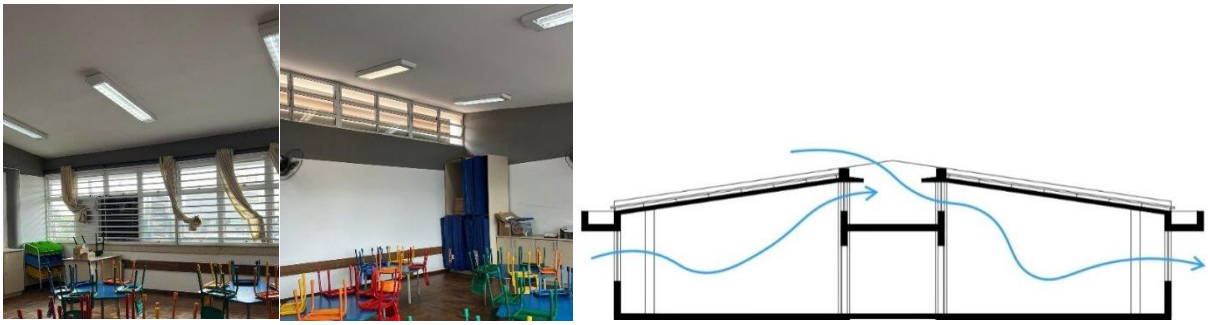
3

Fonte: os autores.

Embora a configuração das salas no perímetro do bloco, com corredor central, possa dificultar a ventilação dos ambientes à sotavento, observa-se a preocupação em garantir ventilação cruzada nas salas de aula, visando o conforto térmico e à qualidade do ar interno. No pavimento superior, há duas salas paralelas nas extremidades do bloco, sendo uma voltada aos ventos dominantes (barlavento) e outra em sentido oposto (sotavento). Na sala à barlavento, a cobertura inclinada permite a saída do ar por abertura superior, enquanto a entrada ocorre na porção inferior, favorecendo o fluxo vertical. Já na sala à sotavento, a abertura superior atua como captadora de ar, enquanto a fachada funciona como saída. Assim, têm-se ventilação cruzada em ambas as salas (Figura 12).

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8663

Figura 12: Abertura das salas de aula e representação em corte do fluxo de ar previsto pelos arquitetos



Fonte: os autores.

Apesar da preocupação dos projetistas em viabilizar a ventilação natural cruzada, durante as visitas *in loco* constatou-se a dificuldade de acesso aos mecanismos de abertura das janelas superiores, o que compromete o controle do fluxo de ar pelos usuários e reduz a eficiência do sistema, tornando necessário o uso de ventilação mecânica. Outro aspecto que compromete a ventilação cruzada é a má instalação dos brises externos. De acordo com o projeto original, esses elementos deveriam estar posicionados a 0,22 m da esquadria; no entanto, a instalação inadequada realizada impede a abertura das janelas, bloqueando a passagem do ar (Figura 13).

Figura 13: Posição dos brises em relação a janela no projeto original e como foi executado, respectivamente



Fonte: os autores.

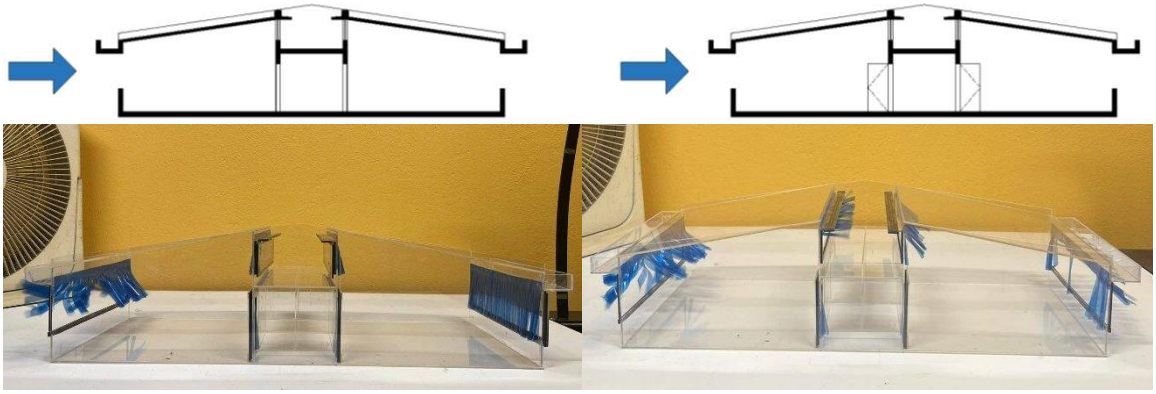
ANÁLISE QUALITATIVA DO FLUXO DE AR: EXPERIMENTOS

Para compreender o funcionamento da ventilação cruzada nas salas de aula, foram realizados experimentos em modelo físico em escala reduzida, considerando o sistema conforme o projeto original, com os brises corretamente instalados, e a situação atual da edificação. Os ensaios permitiram comparar as configurações e observar variações no comportamento do fluxo de ar nos ambientes. Inicialmente, comprova-se a ineficiência de uma ventilação unilateral em salas de aula, configuração comum nas escolas com projetos padrões, na qual há apenas uma janela na face externa, sem a possibilidade de saída de ar. Neste caso, considerou-se a janela superior e a porta de acesso a sala fechadas, situação mantida na realidade em função de privacidade e pela acústica. Nota-se o fluxo de ar recirculando na abertura de entrada (sentido da cortina

azul entrando e saindo) sem movimentação na cortina da janela superior, o que reforça que o ar permanece na região da abertura, não penetrando no espaço em grande profundidade. Além disso, nessa situação, o interior da sala localizada na região a sotavento é totalmente prejudicada, com relação à ventilação natural (Figura 14).

Já na situação que o projeto foi concebido, considerando todas as janelas abertas (barlavento e sotavento) e a porta de acesso à sala fechada, tem-se ventilação cruzada na sala a barlavento (fluxo de ar entrando pela abertura inferior – sentido da cortina de entrada – e saída pela abertura superior – sentido da cortina de saída) enquanto na sala a sotavento ocorre o fluxo inverso (fluxo de ar entrando pela abertura superior – sentido da cortina de entrada – e saída pela abertura inferior – sentido da cortina de saída), mostrando a circulação do ar de forma cruzada nas duas salas (Figura 14).

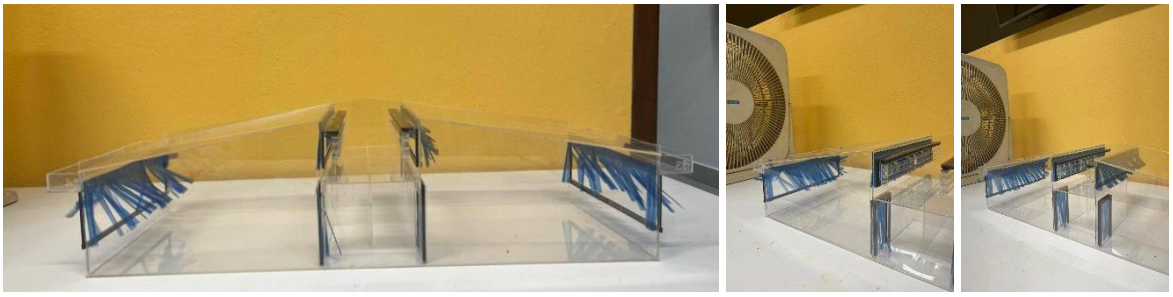
Figura 14: Experimentos para o caso 1 e 2, respectivamente



Fonte: os autores.

Quando inserimos os brises nas aberturas superiores, conforme o projeto original, nota-se maior dificuldade em visualizar o sentido de saída da cortina azul, em função da espessura da cortina pelo espaçamento do brise. No entanto, em uma visão aproximada, vê-se a saída do fluxo de ar na sala a barlavento e a entrada pela abertura superior a sotavento - sentido da cortina de entrada do fluxo de ar por essa abertura – (Figura 15). Embora o modelo simplificado tenha caráter qualitativo, ressalta-se que a inclusão desses elementos para o sombreamento pode ser um aliado da ventilação natural nos ambientes internos, tanto por ter a possibilidade de maior difusão do fluxo de ar que passa pelas aberturas, como também no direcionamento do fluxo de ar para o interior, dependendo do ângulo de abertura.

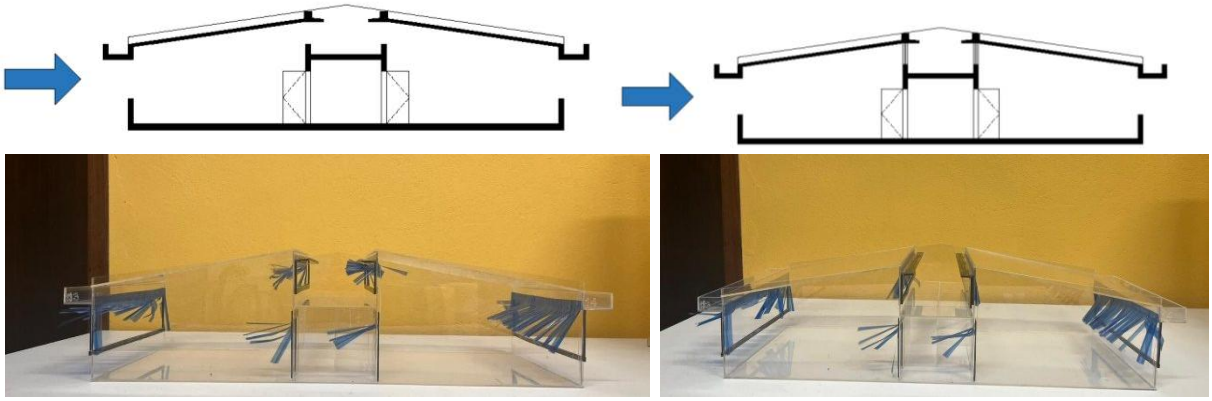
Figura 15: Experimentos para o caso 3: todas as janelas abertas com a inclusão dos brises nas janelas superiores



Fonte: os autores.

Nas situações em que a porta de acesso foi considerada aberta, com as janelas superiores abertas, em comparação com essas janelas fechadas, nota-se que, na primeira situação, além do fluxo de ar na região superior do ambiente, há também fluxo de ar na altura dos usuários, visto que o fluxo também é direcionado à região inferior, diferentemente da situação com a porta fechada. Já a segunda situação reforça a discussão de que salas com aberturas em uma única face (caso 1) só apresentam melhor fluxo de ar interno com a porta aberta (Figura 16). No entanto, ressalta-se que esse modelo limita a visualização da distribuição do fluxo de ar ao longo do ambiente em planta, sendo provável que não seja uniforme, mas direcionado à região da porta, mantendo a região a lateral a porta sem ventilação natural. Considerando o uso de sala de aula, o ideal, em termos de conforto térmico, seria um fluxo uniforme atingindo todos os usuários.

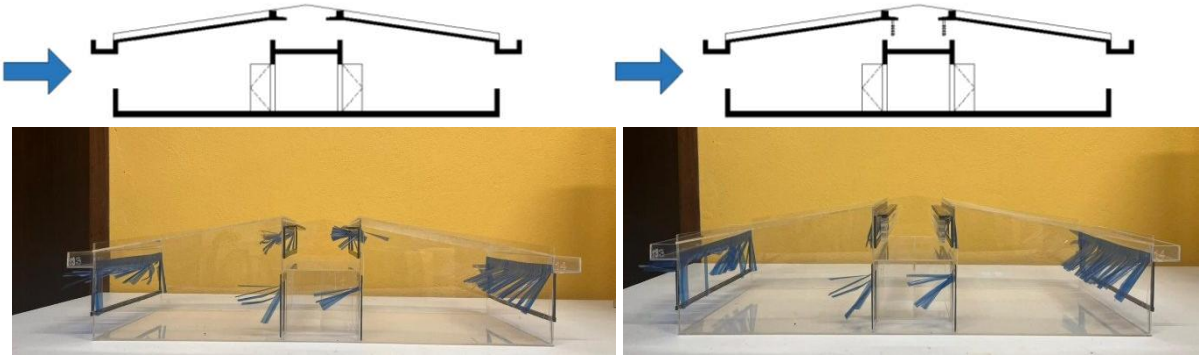
Figura 16: Experimentos com a porta aberta e janelas superiores abertas e fechadas, respectivamente



Fonte: os autores.

Por fim, os casos com a porta de acesso aberta e as janelas superiores abertas, com ou sem o uso dos brises, nota-se que o brise reduz o fluxo de ar de entrada na sala a sotavento, em comparação com a configuração sem brise. No entanto, nota-se a saída do fluxo pela janela a sotavento (sentido da cortina azul) reforçando que é possível aliar soluções projetuais, tais como o sombreamento e a ventilação natural, sem prejuízos significativos (Figura 17).

Figura 17: Experimentos com a porta aberta e janelas superiores sem e com brise, respectivamente



Fonte: os autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa objetivou, por meio da análise simplificada de um modelo físico reduzido, a avaliação do desempenho da ventilação natural em ambientes internos. Capaz de auxiliar na compreensão de seus princípios e na visualização de um fenômeno invisível e de difícil representação gráfica, o método configura-se como uma abordagem prática e didática para a observação da passagem dos ventos. Trata-se, portanto, de um recurso pertinente às etapas iniciais do processo projetual, especialmente no contexto do ensino de graduação, ao aproximar teoria e prática.

A partir dos ensaios realizados, verificou-se que a configuração das aberturas exerce influência determinante no desempenho da ventilação natural, sobretudo quanto à posição, orientação e diferença de altura. De modo geral, os melhores resultados estão associados às configurações que favorecem a ventilação cruzada, conforme inicialmente idealizado pelos arquitetos, evidenciando a coerência entre os princípios teóricos e o comportamento observado. A presença de aberturas em faces opostas e em níveis distintos contribui para a intensificação do fluxo de ar no interior do ambiente, sendo esse efeito potencializado quando a porta de acesso é considerada como abertura de saída, como no caso 5. Tal configuração favorece o resfriamento ao nível dos usuários, constituindo alternativa viável em situações em que não é possível dispor de múltiplas janelas.

Outro aspecto relevante refere-se à influência de elementos externos à edificação, como brises e beirais próximos às janelas, conforme observado nos casos 3 e 6. Tais elementos podem contribuir para o direcionamento do fluxo de ar; entretanto, quando mal executados, podem reduzir sua entrada e comprometer o funcionamento das aberturas, prejudicando a eficiência da ventilação natural. Situação semelhante foi observada nos casos 1 e 5, em que as aberturas a barlavento se encontram fechadas, refletindo o cenário das salas de aula analisadas.

Diante do exposto, os resultados reforçam que o desempenho da ventilação natural depende da articulação entre concepção, execução e uso. Torna-se, portanto, fundamental que o edifício construído corresponda ao projeto idealizado e que suas estratégias sejam compreendidas e apropriadas pelos usuários. Assim, evidencia-se que a efetividade da ventilação natural está vinculada à integração entre essas etapas, constituindo fator essencial para a promoção do conforto ambiental e a qualificação dos espaços educacionais.

Por fim, ressalta-se que os experimentos realizados têm uma análise qualitativa podendo, posteriormente, através da utilização de anemômetros traz um viés quantitativo através da estimativa da velocidade do ar externo e internamente.

REFERÊNCIAS

[1] LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3 ed. São Paulo: ProLivros, 2014.

[2] CÂNDIDO, C.; LAMBERTS, R.; BITTENCOURT, L.; DEAR, R. J. de. Aplicabilidade dos limites de velocidade do ar para efeito de conforto térmico em climas quentes e úmidos. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 59-68, out./dez. 2010. DOI: 10.1590/S1678-86212010000400005.

[3] GIVONI, B. Man, **Climate and Architecture.** London: Applied Science Publishers, 1976.

[4] MELIKOV, A. K. COVID-19: Reduction of airborne transmission needs paradigm shift in ventilation. **Building and Environment**, v. 186, n. 107336, oct. 2020. DOI: 10.1016/j.buildenv.2020.107336.

[5] JONES, E.; YOUNG, A.; CLEVENGER, K.; SALIMIFARD, P.; WU, E.; LUNA, M. L.; LAHVIS, M.; LANG, J.; BLISS, M.; AZIMI, P.; CEDENO-LAURENT, J.; WILSON, C.; ALLEN, J. Healthy Schools: Risk Reduction Strategies for Reopening Schools. **Harvard T.H. Chan School of Public Health Healthy Buildings program**, jun. 2020. Disponível em: https://schools.forhealth.org/wp-content/uploads/sites/19/2020/06/Harvard-Healthy-Buildings-Program-Schools-For-Health-Reopening-Covid19-June2020.pdf. Acesso em: abr. 2026.

[6] WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Considerations for school-related public health measures in the context of COVID-19**. Annex to Considerations in adjusting public health and social measures in the context of COVID-19. Geneva: World Health Organization, 14 sept. 2020. Disponível em: https://www.who.int/publications/i/item/considerations-for-school-related-public-health-measures-in-the-context-of-covid-19. Acesso em: abr. 2026.

[7] ZEMOURI, C.; AWAD, S. F.; VOLGENANT, C. M. C.; CRIELAARD, W.; LAHEIJ, A. M. G. A.; DE SOET, J. J. Modeling of the transmission of coronaviruses, measles virus, influenza virus, Mycobacterium tuberculosis, and Legionella pneumophila in dental clinics. **Journal of dental research**, v. 99, n. 10, p. 1192-1198, 2020. DOI 10.1177/0022034520940288.

[8] MUNDHE, P.; DAMLE, R. M.; VAIDYA P.; APTE, M. G. Quantification of Airflow Patterns in a Naturally Ventilated Building Simulated in a Water Table Apparatus. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE (PLEA**)**, 34., 2018, Hong Kong. **Proceedings** […]. Hong Kong: Chinese University of Hong Kong, v. 1, 2018. p. 19-24.

[9] KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. **Arquitetura escolar**: o projeto do ambiente de ensino. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

[10] LAWSON, B. **How Designers Think:** The Design Process Demystified. 4. ed. London: The architectural Press, 2005.

[11] KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; LABAKI, L. C.; PINA, S. M. G.; BERTOLLI, S. R. A visualização do conforto ambiental no projeto arquitetônico. *In:* ENCONTRO DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO E QUALIDADE NO PROCESSO CONSTRUTIVO, 7., 1998, Florianópolis. **Anais** [...]. Porto Alegre: ANTAC, 1998. p. 371-379.

[12] ROSSI, M. M.; VALE, F. I.; SHIMOMURA, A. R. P.; CHVATAL, K. M. A mesa d'água como ferramenta de apoio para a caracterização de um modelo genérico a ser ensaiado em túnel de vento. **Revista IPT: Tecnologia e Inovação**, São Paulo, v. 3, n. 11, p. 7-22, ago. 2019.

[13] TOLEDO, A.; PEREIRA, F. Potencial da Mesa D'água para a visualização Analógica da Ventilação Natural em Edifícios. *In*: ENCONTRO NACIONAL DO CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 2003, Curitiba. **Anais**[...]. Curitiba: ANTAC, 2003. p. 1383-1390.

[14] KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; LABAKI, L. O projeto arquitetônico e o conforto ambiental: necessidade de uma metodologia. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1., 1993, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: ENTAC, 1993. V.2, p. 785-794.

[15] ALVARES, C.A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classifitcation map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, jan. 2014. DOI 10.1127/0941-2948/2013/0507.

[16] LABEEE. **Arquivos climáticos INMET 2016**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, 16 de maio de 2022. Disponível em:

https://labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/inmet2016. Acesso em: mar. 2026.

[17] PROJETEEE. **Projetando edificações energeticamente eficientes**. Disponível em: https://projeteee.mme.gov.br. Acesso em: mar. 2026.