RΣCΣT
e-ISSN: 2763-8855

Revista Eletrônica de Ciências Exatas e Tecnológicas
Vol. 7 (2026)

Periódicos disponíveis no Portal de Periódicos UFRB
https://periodicos.ufrb.edu.br/recet/

**Artigo Original**
DOI: 10.66983/recet.v7i1.4925

# Análise do conforto termoacústico de uma unidade escolar na cidade de Cachoeira-BA: estudo de caso

NOIA, I. A. S.*[,a,1], SOUZA, R. M. de[†,a,2] e ANDRADE, L. O.[‡,a,3]

[a] *Universidade Federal do Recôncavo da Bahia*

Submitted: 31 mai.2025 Approved 10 abr.2026 Published 10 abr.2026

**Resumo**

A avaliação do conforto termoacústico em ambientes escolares tem se destacado como uma prioridade na promoção do bem-estar e do desempenho acadêmico dos estudantes. O conforto ambiental está diretamente relacionado à satisfação do usuário, ou seja, quando se sente confortável frente aos fatores como iluminação, ruído, calor ou frio. O objetivo deste trabalho foi avaliar o conforto termoacústico na área de convivência e nas salas de aula de uma unidade escolar situada na cidade de Cachoeira - BA. Foram realizadas medições in loco com equipamentos específicos (decibelímetro digital, termo-higrômetro, termômetro infravermelho e anemômetro), nos meses de fevereiro a abril. Os dados de temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do ar e níveis de pressão sonora foram comparados com os limites estabelecidos pela NBR $10152$ (ABNT, 2017), NBR $16401-2$ (ABNT, 2008), NBR $15575-1$ (ABNT, 2024) e NBR $15575-5$ (ABNT, 2021). Os resultados demonstraram que os ambientes analisados não atendem aos requisitos mínimos de conforto térmico e acústico recomendados pelas normas técnicas e por instituições de saúde. Por meio da comparação com os referenciais normativos e da análise do uso dos espaços escolares, conclui-se que as deficiências de ventilação natural, o uso de telhas metálicas e ausência de isolamento acústico impactam negativamente o desempenho e o bem-estar dos usuários. Assim, recomenda-se a adoção de estratégias corretivas, como melhorias na cobertura, uso de materiais com adequado desempenho termoacústico e reavaliação do layout escolar.

**Palavras-chave:** *Ventilação natural, temperatura ambiente e umidade do ambiente.*

**Abstract**

The evaluation of thermal and acoustic comfort in school environments has become an important factor in promoting students' well-being and academic performance. Environmental comfort is directly related to user satisfaction, that is, when individuals feel comfortable in relation to factors such as lighting, noise, heat, or cold. The objective of this study was to assess the thermal and acoustic comfort in the common areas and classrooms of a school unit located in the city of Cachoeira, Bahia, Brazil. On-site measurements were carried out using specific instruments (digital sound level meter, thermo-hygrometer, infrared thermometer, and anemometer) between February and April. The data on temperature, relative humidity, air velocity, and sound pressure levels were compared with the limits established by Brazilian standards NBR $10152$ (ABNT, 2017), NBR $16401-2$ (ABNT, 2008), NBR $15575-1$ (ABNT, 2024) and NBR $15575-5$ (ABNT, 2021). The results showed that the analyzed environments do not meet the minimum thermal and acoustic comfort requirements recommended by technical standards and health institutions. Based on the comparison with normative references and the analysis of the use of school spaces, it is concluded that deficiencies in natural ventilation, the use of metal roofing, and the lack of acoustic insulation negatively impact users' performance and well-being. Therefore, the adoption of corrective strategies is recommended, such as improvements to the roofing system, the use of materials with adequate thermal-acoustic performance, and the reassessment of the school layout.

**Keywords:** *Natural ventilation, room temperature and environmental humidity.*

## Sumário

**1 Introdução** **20**
**2 Metodologia** **20**
2.1 Descrição das etapas . . . . . 20
2.1.1 Revisão da literatura . . . . . 20
2.1.2 Medição objetiva . . . . . 20
2.1.3 Equipamentos utilizados . . . . . 21
2.1.4 Análise dos dados com base nas normativas 21
**3 Análises e resultados** **21**

* Igor Almeida Soares Noia .
† Renê Medeiros de Souza
‡ Lucas Oliveira Andrade
* Estes autores contribuíram igualmente para este trabalho.

Esta classe de documento foi preparada no Overleaf e compilada com XeLaTeX. Nenhum erro foi encontrado durante o processo de compilação.

3.1 Locais de estudos . . . . . 21
3.2 Monitoramento térmico: dados das medições de temperatura . . . . . 23
3.3 Monitoramento térmico: dados das medições da velocidade média do ar . . . . . 24
3.4 Monitoramento da umidade: medições de umidade relativa do ar . . . . . 25
3.5 Monitoramento acústico: medições de decibéis . . 25
**4 Conclusões 26**
**Referências 26**

## 1. INTRODUÇÃO

A busca por ambientes escolares mais confortáveis tem se destacado como uma prioridade na promoção do bem-estar e do desempenho acadêmico dos estudantes. Segundo Faria (2013), o conforto ambiental de um espaço está diretamente relacionado à satisfação do usuário, ou seja, quando o usuário se sente neutro ou confortável em relação aos fenômenos externos e internos: iluminação, calor ou frio e ruído.

A acústica arquitetônica e o desconforto acústico, manifestados pelo eco, reverberação excessiva e níveis elevados de ruído, podem interferir significativamente nas atividades educacionais, prejudicando a concentração e o desempenho dos alunos e professores (Silva; Almeida; Freitas, 2021). Ao mesmo tempo, a questão térmica, caracterizada pelo aumento das temperaturas nas áreas internas da unidade, contribui para um ambiente menos propício ao aprendizado e ao convívio (Faria, 2013). O atendimento às exigências de conforto térmico é de extrema importância, principalmente no Brasil, caracterizado por um clima tropical, com temperaturas bastante elevadas na maior parte do país (Candido; Lamberts; Bittencourt; Dear, 2010).

Uma escola deve ser um ponto de referência na comunidade na qual se insere, principalmente, pelo seu caráter sociocultural e quando construída, levando em conta o clima local, pode caracterizar uma edificação de espaços otimizados, influenciando diretamente na prática de suas atividades fundamentais (Faria, 2013). Quando uma escola é projetada levando em conta essas características, ela se torna mais funcional e confortável para os alunos, professores e funcionários (Santos; Oliveira, 2020). O conforto térmico está relacionado à busca intuitiva do sentir-se bem natural do homem, e influência nas atividades diárias, na produtividade e no bem-estar das pessoas (Santiago, 2019).

Durante o estágio em engenharia civil na instituição, observou-se um cenário frequente de queixas de alunos, professores e funcionários sobre o desconforto térmico e acústico, especialmente na área de convivência e nas salas de aula. Altas temperaturas, pouca ventilação, cobertura metálica e ruídos excessivos impactavam negativamente a permanência dos usuários e a qualidade das aulas (Wittmann; Heissler; Gass Walter; Christ; Oliveira, 2022). Essas percepções, somadas aos relatos diretos da comunidade escolar, motivaram a elaboração deste estudo, com o intuito de diagnosticar as causas e propor soluções para melhoria do conforto termoacústico da unidade.

Neste contexto, o presente estudo conduziu uma análise do conforto termoacústico da área de convivência e salas de aula da unidade escolar da cidade de Cachoeira - BA, com o objetivo de avaliar o conforto térmico e acústico, identificando os impactos potenciais. A pesquisa ainda apresenta os seguintes objetivos específicos: (i) mensurar os parâmetros térmicos e acústicos nos espaços avaliados; (ii) comparar os dados obtidos com os limites estabelecidos pelas normas técnicas vigentes; (iii) propor diretrizes de melhoria das condições termoacústicas com base nos resultados observados, considerando as particularidades da cobertura metálica e seu impacto direto no bem-estar e desempenho dos usuários do local; e (iv) apresentar recomendações específicas para mitigar o desconforto acústico e térmico, levando em consideração as características particulares das telhas metálicas.

## 2. METODOLOGIA

Os espaços físicos selecionados para este estudo de caso correspondem a área de convivência e uma sala de aula de uma unidade escolar, que está situada nas dependências de um campus universitário, localizado na cidade de Cachoeira - BA. No período da manhã, das $7h30$ às $12h00$, o estabelecimento de ensino realiza suas aulas, abrigando cerca de 640 alunos distribuídos em diferentes níveis de ensino: 416 alunos no Ensino Fundamental I e II e 224 alunos no Ensino Médio.

### 2.1. Descrição das etapas

#### 2.1.1. Revisão da literatura

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre temas relacionados à eficiência termoacústica, o uso de materiais metálicos em coberturas de construções escolares e impactos gerados pelo desconforto termoacústico nas escolas.

#### 2.1.2. Medição objetiva

Foram feitas medições de temperatura, umidade relativa do ar e decibéis nos espaços selecionados durante quatro dias, nos períodos do verão e outono, com três cenários distintos. Avaliou-se a área de convivência com e sem a presença de alunos e funcionários, e também a sala de aula sem a presença de estudantes.

A escolha por realizar a medição na sala de aula sem ocupação humana teve como objetivo obter dados térmicos neutros, livres da influência do calor metabólico gerado por alunos e professores, que poderia distorcer os valores reais atribuídos às condições construtivas e à eficiência da ventilação natural. O objetivo foi avaliar exclusivamente o comportamento térmico passivo da edificação, possibilitando uma análise comparativa mais precisa com os dados da área de convivência. Ressalta-se que não foi identificada a presença de sistemas ativos de climatização (como ar-condicionado) funcionando no local no momento das medições.

A sala de aula avaliada foi escolhida por apresentar as mesmas dimensões, orientação solar e características construtivas das demais, garantindo representatividade. As paredes são de alvenaria convencional com 15 cm de espessura, revestidas com argamassa e pintura acrílica. O piso é cerâmico e, diferentemente da área de convivência, que não possui forro, as salas de aula têm forro em gesso nas do pavimento superior e laje maciça nas do térreo, influenciando no desempenho termoacústico do ambiente.

As medições foram realizadas no mês março de 2024, ao final do período da estação verão, o qual terminou à $0h06$ do dia 20 de março de 2024, e início do outono, que começou no dia 20 de março de 2024, à $0h06$ (horário de Brasília). As primeiras, segundas e terceiras medições ocorreram durante o período do verão, nos dias 15, 18 e 20 de março de 2024, ambos ao longo da manhã, das $7h00$ às $12h00$, enquanto a quarta medição ocorreu durante o período do outono, no dia 25 de março de 2024, ao longo da manhã, das $7h00$ às $12h00$. Em uma etapa complementar, foram registradas as medições da velocidade do ar durante

**Tabela 1.** Requisitos normativos que embasaram o estudo de caso.

| Requisito | Valor Recomendado | Norma/Referência |
|---|---|---|
| Temperatura do ar interna | 23 °C a 26 °C | ASHRAE 55; ABNT NBR 16401 − 2 |
| Umidade relativa | 40% a 70% | ABNT NBR 16401 − 2 |
| Velocidade do ar | $\leq 0{,}75\,\mathrm{m/s}$ (climatizados)<br>$\leq 1{,}0\,\mathrm{m/s}$ (naturais) | ABNT NBR 16401 − 2 |
| Nível de pressão sonora | Salas: $\leq 50\,\mathrm{dB(A)}$<br>Áreas comuns: $\leq 65\,\mathrm{dB(A)}$ | ABNT NBR 10152 |
| Isolamento termoacústico | Desempenho mínimo paredes/coberturas | ABNT NBR 15575 − 1; ABNT NBR 15575 − 5 |
| Condições ergonômicas | Conforto térmico, acústico e visual | NR 17 |

Fonte: Autores.

o outono, especificamente nas manhãs dos dias 29 e 30 de abril de 2024, das $7h00$ às $12h00$.

A maioria dos usuários deste ambiente permaneceu parte do tempo sentado e parte do tempo em pé, realizando atividade leve ou moderada durante os intervalos de aula. Os intervalos são fracionados em 3 momentos, para as turmas do Fundamental I, das $8h40$ às $8h55$, e Fundamental II, das $9h25$ às $9h45$ e para a turma do Ensino Médio, das $10h10$ às $10h30$. No que diz respeito à vestimenta, todos os usuários usavam calça jeans, sapatos fechados (tênis ou bota), e alguns utilizavam camisa de manga curta, outros de manga longa.

#### 2.1.3. Equipamentos utilizados

Equipamentos específicos foram utilizados para realizar medições objetivas e quantitativas. Para obtenção dos níveis de decibéis, utilizou-se o decibelímetro digital da marca Vonder, modelo DDV 130, que possui uma faixa de medição entre 30 dB e 130 dB, com precisão de $\pm 1{,}5$ dB. As medições foram executadas em quatro pontos de medição na área de convivência, dois pontos no pavimento térreo, dois pontos no primeiro pavimento, e registrados os maiores valores medidos. Na sala de aula, foram escolhidos três pontos, dois pontos próximos ao quadro de aulas, um ponto próximo ao ar-condicionado e registrados os maiores valores medidos.

Para o registro da temperatura ambiente e umidade do ar, utilizou-se o termo-higrômetro digital da marca Exbom, modelo FEPRO-MUT60OS, com escala de medição para temperatura entre $-10$ °C e 50 °C, com precisão de medida $\pm 1{,}0$ °C, e faixa de medição para umidade relativa (RH) entre 10% e 99%$RH$, com precisão de umidade de $\pm 5\%RH$. As medições de temperatura e umidade do ar foram realizadas em um único ponto na área de convivência, posicionado ao centro do ambiente. Na sala de aula, ocorreu o mesmo processo, com o ponto de medição posicionado no centro da sala.

Os dados registrados em relação a temperatura da telha metálica, foram obtidos através do termômetro a laser da marca KLX, modelo GM320, com escala de temperatura entre $-50$ °C e 400 °C, com exatidão de $\pm 1{,}5$ °C. As medições de temperatura do telhado foram realizadas em um único ponto na área de convivência, posicionado ao centro do ambiente. O termômetro a laser foi posicionado no pavimento térreo, aproximadamente a 4,80 m de distância da telha metálica.

Os dados obtidos em relação a velocidade média do ar, foram obtidos através do Anemômetro Digital da marca Benetech, modelo GM816, com escala de medição da velocidade do vento entre 0 e 30 m/s, e precisão da medição do vento de 95%. As medições foram executadas em quatro pontos de medição na área de convivência, dois pontos no pavimento térreo, dois pontos no primeiro pavimento.

#### 2.1.4. Análise dos dados com base nas normativas

As medições das variáveis ambientais foram realizadas conforme as recomendações propostas pela NBR 15575 − 1 (ABNT, 2024), NBR 15575 − 5 (ABNT, 2021), NBR 16401 − 2 (ABNT, 2008), que se baseia na Norma americana ASHRAE (2017), além da Norma Regulamentadora 17 (BRASIL, 2021), que trata especificamente da ergonomia no ambiente de trabalho. Ressalta-se que a NBR 15575−1 (ABNT, 2024) passou por atualização em novembro de 2024. No entanto, para fins deste estudo, foram consideradas as versões vigentes à época da coleta de dados, realizadas no período de fevereiro a abril de 2024. Os resultados das medições foram comparados e interpretados em relação aos padrões estabelecidos em normas, visando identificar as discrepâncias ou concordâncias.

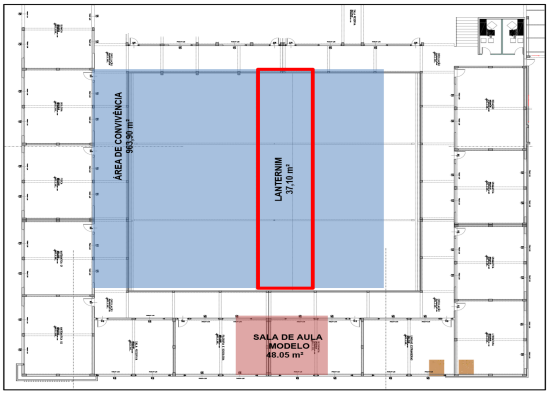
A Tabela 1 apresenta os principais parâmetros normativos adotados como referência para a análise do conforto termoacústico nos ambientes avaliados. Nela estão sintetizados os limites recomendados para temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do ar, níveis de pressão sonora, isolamento termoacústico e condições ergonômicas, conforme estabelecido pelas normas técnicas pertinentes.

## 3. ANÁLISES E RESULTADOS

### 3.1. Locais de estudos

A planta baixa, representada na Figura 1, apresenta a localização e o destaque dos ambientes analisados neste estudo. Um dos espaços avaliados é a área de convivência, que possui 963,90 m$^2$, destacada em azul na planta. O segundo ambiente é a sala de aula modelo, com área de 48,05 m$^2$, cujas dimensões são semelhantes às das demais salas da unidade, sendo destacada em vermelho.

**Figura 1.** Planta baixa da área de convivência e salas de aulas com as dimensões e o layout.




Fonte: Autores.

A área de convivência não conta com nenhum sistema de climatização artificial, sendo ventilada exclusivamente de forma natural por meio de um lanternim com abertura de 37,10 $m^2$. A ventilação natural aproveita-se da passagem do vento para promover a renovação de ar, com objetivo de diluir ou remover poluentes e adequar a qualidade do ar interior (Silva; Pagel; Bastos; Marconsini, 2022). As Figura 2 e Figura 3 apresentam registros fotográficos do ambiente interno analisado, evidenciando sua conexão com outros espaços do mesmo edifício.

**Figura 2.** Vista interna da área de convivência da unidade escolar (1º pavimento).

Fonte: Autores.

**Figura 3.** Interior da área de convivência da unidade escolar (térreo).

Fonte: Autores.

Os elementos que influenciam as trocas de calor entre o ambiente externo e o meio são os da envoltória, no caso, as paredes das salas de aulas e a cobertura metálica, que possui um único sistema de ventilação natural através de um lanternim, como demonstrado nas Figura 4 e Figura 5.

**Figura 4.** Sistema de ventilação natural por lanternim na área de convivência (vista externa).

Fonte: Autores.

**Figura 5.** Sistema de ventilação natural por lanternim na área de convivência (vista interna).

Fonte: Autores.

As salas de aulas possuem esquadrias de vidro tanto voltadas para o exterior, quanto na divisória que separa a sala da área de convivência interna. Essas esquadrias desempenham um papel de uma conexão visual com o ambiente externo, permitindo a entrada de luz natural, enquanto também estabelecem uma barreira física que controla a temperatura e a circulação do ar. Com objetivos distintos, as esquadrias entre a sala de aula e a área interna de convivência foram projetadas com o intuito de promover uma transição suave entre os espaços, proporcionando privacidade acústica e visual quando necessário, mas ainda permitindo uma sensação de continuidade e integração entre os ambientes.

**Figura 6.** Sala de aula com o uso da ventilação artificial.

Fonte: Autores.

**Figura 7.** Sala de aula com janelas que podem promover a ventilação e iluminação natural.

Fonte: Autores.

A sala de aula emprega condicionamento artificial, que é ativado somente durante a presença dos alunos. As Figura 6 e Figura 7 demonstram o ambiente interno da sala de aula, permitindo uma análise simplificada do funcionamento da ventilação e iluminação. A Figura 6 mostra a climatização por ar-condicionado. Já a Figura 7 evidencia a presença de janelas em ambos os lados, que podem ser abertas em caso de falha do sistema artificial, permitindo ventilação natural.

### 3.2. Monitoramento térmico: dados das medições de temperatura

Nas Tabela 2, Tabela 3 e Tabela 4 são apresentados os dados de temperatura medidos na área de convivência, no período do verão e com dias ensolarados. Enquanto na Tabela 5 são apresentados os dados realizados no período do outono e com o dia parcialmente nublado. Os dados devem ser analisados considerando que o ambiente não possui nenhum tipo de ventilação mecânica, apenas ventilação natural.

- Data da medição: 15/03/2024;
- Condição climática: dia ensolarado.

**Tabela 2.** Dados da temperatura da área de convivência, cuja medição ocorreu em 15/03/2024.

| Horário | Temperatura Externa ( °C) | Temperatura Interna ( °C) | Temperatura do Telhado ( °C) |
|---|---|---|---|
| 07:00 | 26,8 | 28,3 | 30,9 |
| 08:00 | 29,6 | 30,0 | 33,8 |
| 08:40 | 30,1 | 30,7 | 37,4 |
| 09:40 | 30,9 | 31,6 | 37,9 |
| 10:20 | 31,4 | 33,5 | 38,2 |
| 12:00 | 32,6 | 34,1 | 39,3 |

Fonte: Autores.

- Data da medição: 18/03/2024;
- Condição climática: dia ensolarado.

**Tabela 3.** Dados da temperatura da área de convivência, cuja medição ocorreu em 18/03/2024.

| Horário | Temperatura Externa ( °C) | Temperatura Interna ( °C) | Temperatura do Telhado ( °C) |
|---|---|---|---|
| 07:00 | 26,5 | 30,0 | 35,2 |
| 08:00 | 28,7 | 31,5 | 37,9 |
| 08:40 | 29,8 | 33,7 | 39,1 |
| 09:40 | 30,4 | 33,6 | 41,8 |
| 10:20 | 31,3 | 33,4 | 44,7 |
| 12:00 | 32,1 | 33,9 | 45,8 |

Fonte: Autores.

A partir da análise dos dados apresentados na Tabela 5, torna-se evidente a existência de uma relação entre a temperatura externa, especialmente aquela associada às telhas metálicas em contato direto com o ambiente externo, e a temperatura registrada dentro da área de convivência. Uma cobertura eficiente deve apresentar características tais como estanqueidade, resistência ao impacto, leveza e durabilidade, além de propriedades termofísicas adequadas às condições climáticas externas (Dias, 2011).

- Data da medição: 20/03/2024;
- Condição climática: dia ensolarado.

**Tabela 4.** Dados da temperatura da área de convivência, cuja medição ocorreu em 20/03/2024.

| Horário | Temperatura Externa ( °C) | Temperatura Interna ( °C) | Temperatura do Telhado ( °C) |
|---|---|---|---|
| 07:00 | 26,9 | 28,2 | 29,5 |
| 08:00 | 28,7 | 29,1 | 33,5 |
| 08:40 | 30,2 | 30,5 | 38,2 |
| 09:40 | 31,6 | 30,8 | 41,3 |
| 10:20 | 32,2 | 31,5 | 41,6 |
| 12:00 | 33,0 | 32,1 | 42,4 |

Fonte: Autores.

- Data da medição: 25/03/2024;
- Condição climática: dia parcialmente nublado.

**Tabela 5.** Dados da temperatura da área de convivência, cuja medição ocorreu em 25/03/2024.

| Horário | Temperatura Externa ( °C) | Temperatura Interna ( °C) | Temperatura do Telhado ( °C) |
|---|---|---|---|
| 07:00 | 28,5 | 29,0 | 30,1 |
| 08:00 | 30,8 | 32,1 | 32,6 |
| 08:40 | 30,2 | 29,7 | 32,1 |
| 09:40 | 31,6 | 30,1 | 32,9 |
| 10:20 | 30,8 | 30,5 | 33,6 |
| 12:00 | 30,6 | 31,1 | 38,9 |

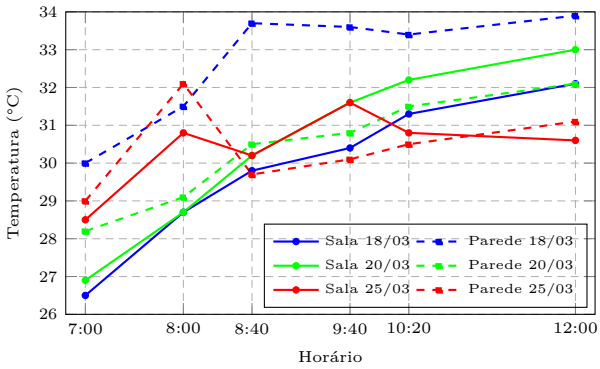
Fonte: Autores.

Observa-se que, conforme as telhas metálicas são aquecidas pela exposição direta ao sol e às condições climáticas externas, há um correspondente aumento na temperatura detectada dentro da área de convivência. É importante ressaltar que o ambiente estava exclusivamente recebendo ventilação natural, uma vez que não possui sistema de ventilação artificial. Além disso, a presença de alunos na área de convivência ocorria apenas nos intervalos de aula.

Durante as medições realizadas na área de convivência, a temperatura mais alta alcançou 34,1 °C, enquanto a temperatura mais baixa foi de 28,2 °C. A análise dos níveis de temperatura na área de convivência ao longo de quatro dias distintos proporciona uma compreensão das condições térmicas naturais nesse espaço específico.

Após analisar os dados da Tabela 2, Tabela 3, Tabela 4 e Tabela 5, contendo as medições de temperatura da telha metálica, foi possível constatar que a temperatura máxima registrada atingiu 45,8 °C, enquanto a temperatura mínima foi de 29,5 °C. Notou-se o comportamento térmico do telhado metálico, destacando a variação de temperatura ao longo do tempo e suas possíveis implicações para o conforto térmico do ambiente.

**Figura 8.** Dados da temperatura na sala de aula e na parede externa.




Fonte: Autores

Com base no Figura 8, é possível identificar temperaturas registradas na sala de aula e na parede externa nos dias 18, 20 e 25 de março de 2024, no período do verão e com dias ensolarados. Os dados devem ser analisados considerando que o ambiente possui a ventilação mecânica, utilizada apenas quando há presença de alunos, porém, nos momentos das coletas das medidas não se utilizava o ar-condicionado e não havia alunos.

Após análise dos dados do Figura 8, é evidente a existência de uma relação significativa entre a temperatura da parede ex-

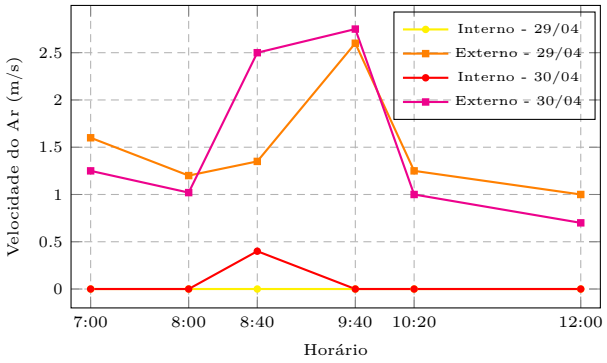
terna, exposta diretamente ao Sol, e a temperatura dentro da sala de aula. Observa-se que conforme a temperatura da parede externa aumenta, há um correspondente aumento na temperatura registrada dentro do ambiente da sala. Esses dados foram registrados em momentos em que não havia a presença de alunos na sala, permitindo uma análise das condições térmicas em um ambiente não ocupado.

Durante as medições realizadas na sala de aula, foram registradas temperaturas máximas e mínimas. O ponto mais alto atingiu 33,3 °C, enquanto a temperatura mais baixa foi de 27,8 °C. A análise dos níveis de temperatura na sala ao longo de quatro dias distintos, oferece uma compreensão detalhada das condições térmicas naturais nesse ambiente específico.

### 3.3. Monitoramento térmico: dados das medições da velocidade média do ar

Os dados obtidos das medições da velocidade média do ar na área de convivência estão representados no Figura 9, que compara os valores registrados no ambiente interno com aqueles da área externa à edificação. As medições foram realizadas durante o período do outono, em dias de clima parcialmente nublado, permitindo observar a influência das condições atmosféricas sobre a ventilação natural nos diferentes ambientes.

**Figura 9.** Dados da velocidade média do ar na área de convivência, com medições em 29 e 30/04/2024.

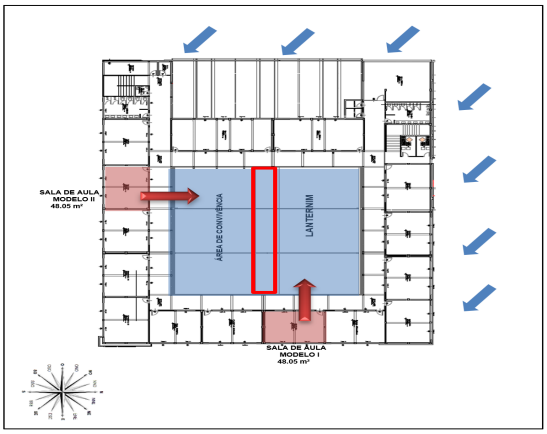



Fonte: Autores.

Após a análise do Figura 9, nota-se que durante o período de observação na área de convivência, a velocidade do ar na parte interna permaneceu constantemente em 0,0 m/s. Essas leituras foram registradas em diferentes momentos ao longo da manhã, indicando uma ausência significativa de movimento do ar dentro do espaço interno. Observa-se também que, durante o mesmo período de tempo, ocorreu a circulação do ar na área externa da unidade escolar. Em um dado momento, a velocidade do ar externo chegou a atingir 2,7 m/s, demonstrando assim que apesar das condições favoráveis de circulação do ar no ambiente externo, o mesmo não se refletiu no interior da área de convivência.

Diante de uma série de medições na área de convivência, constatou-se que, mesmo com todas as janelas fechadas, apenas considerando a abertura do lanternim, não houve circulação de ar. Considerando essa constatação, uma segunda etapa do estudo foi conduzida, na qual as janelas de duas salas foram abertas tanto na posição Sul (S) quanto na posição Leste (L), buscando facilitar a entrada de correntes de ar externas. No entanto, mesmo com as janelas abertas em direções estratégicas, continuou sem haver a circulação de vento.

**Figura 10.** Planta baixa da área de convivência e salas de aulas (setas em vermelho simulam uma possível circulação do ar, e as setas em azul representam a real direção do vento).




Fonte: Autores.

Uma análise, com o auxílio do próprio anemômetro, constatou-se que o vento externo predominante estava vindo de uma direção oposta àquela em que as janelas foram abertas, sendo predominante do Noroeste (NO) para o Sudeste (SE). Assim, a entrada de ar fresco era comprometida pela direção predominante do vento, que, ao invés de penetrar na área de estudo, seguia um curso que não favorecia a ventilação interna.

A Figura 10 representa, na cor vermelha, as duas salas utilizadas como modelo para os testes de circulação de ar. As salas intituladas como Sala de Aula Modelo I (leste) e Modelo II (sul), tiveram suas janelas e portas abertas para a realização da medição velocidade do vento. As setas em vermelho simulam uma possível entrada do ar, caso o vento seguisse um curso que favorecesse a ventilação interna, e as setas na cor azul representam a real direção do vento em relação a edificação.

Destaca-se que, não se realizou testes nas salas de aula da posição Norte (N) do prédio, pois estas possuem janelas que não dispõem de mecanismos de abertura tradicionais devido à presença de veda frestas, que impede qualquer movimento de abertura, como demonstram a Figura 11 e a Figura 12. Os cômodos da posição Oeste (O) não possuem janelas, pois existem outras salas ao lado.

**Figura 11.** Janelas que não dispõem de mecanismos tradicionais de abertura (vista interna).

Fonte: Autores.

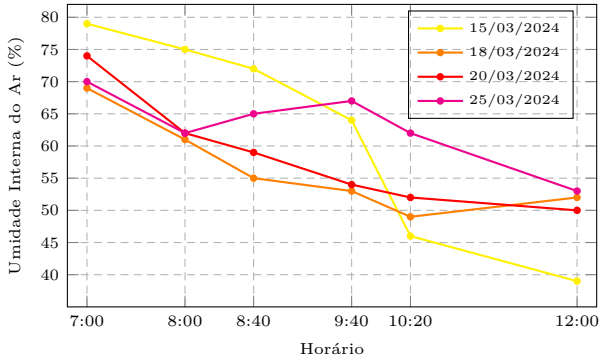
**Figura 12.** Janelas que não dispõem de mecanismos tradicionais de abertura (vista externa).

Fonte: Autores.

### 3.4. Monitoramento da umidade: medições de umidade relativa do ar

Foram realizadas medições da umidade relativa do ar na área de convivência, relatadas no Fig. 13, destacando que não há sistemas de climatização, somente ventilação natural.

**Figura 13.** Dados da umidade relativa do ar na área de convivência, com medições em 15, 18, 20 e 25.03.2024.

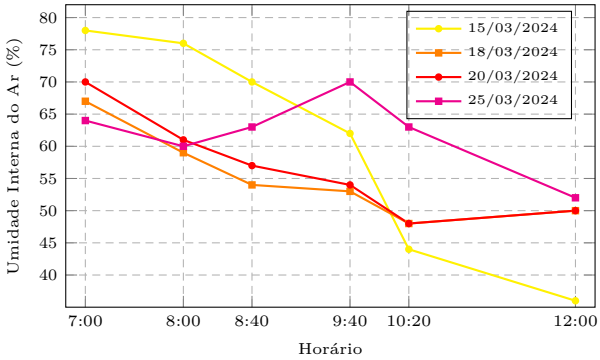



Fonte: Autores.

Durante a observação dos dados de umidade relativa do ar na área de convivência ao longo de quatro dias distintos, foi registrado um pico máximo de 79% de umidade em um dos momentos analisados. Em contrapartida, o valor mínimo observado foi de 39%. Essa variação entre os extremos destaca a amplitude das condições de umidade experimentadas durante o período de observação.

Foram realizadas medições da umidade relativa do ar na sala de aula, relatadas no Figura 14, destacando que não há sistemas de climatização, somente ventilação natural.

**Figura 14.** Dados da umidade relativa do ar na sala de aula, com medições em 15, 18, 20 e 25/03/2024.



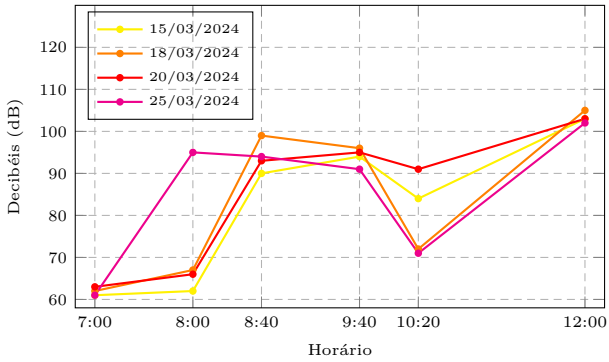

Fonte: Autores.

Durante o acompanhamento dos dados de umidade relativa do ar na sala de aula ao longo de quatro dias distintos, foi identificado um pico máximo de 77% de umidade em um dos momentos analisados. Por outro lado, o valor mínimo registrado foi de 38%. Essa discrepância entre os extremos destaca as amplas condições de umidade experimentadas durante o período observado, ressaltando a importância de compreender e gerenciar essas variações.

### 3.5. Monitoramento acústico: medições de decibéis

Os dados obtidos das medições de decibéis na área de convivência estão descritos no Figura 15. O ponto de destaque foi o registro do maior pico de decibéis, atingindo 108,1 dB, momento em que quando há presença no pátio, enquanto o menor valor registrado foi de 60,7 dB, momento em que se inicia a aula e não há presença de alunos no pátio.

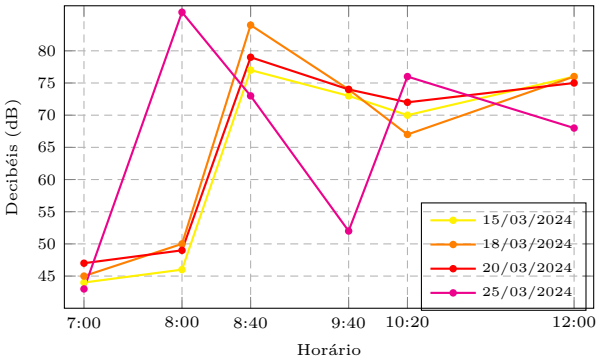
**Figura 15.** Dados dos níveis de decibéis na área de convivência.




Fonte: Autores.

Os dados obtidos das medições de decibéis na sala de aula estão descritos no Figura 16, enfatizando que não há presença de qualquer sistema de isolamento acústico. O pico máximo foi de 82,8 dB, com alunos no pátio, e salas vazias. O valor mínimo registrado foi de 44,8 dB, quando as aulas começaram e não havia alunos na sala ou no pátio. O pico de 82,8 dB ocorreu às $8h00$, coincidente com chuva. A cobertura metálica do pátio amplificou o som, elevando os níveis de decibéis.

**Figura 16.** Dados dos níveis de decibéis na sala de aula.




Fonte: Autores.

## 4. CONCLUSÕES

Na conclusão deste estudo de caso, constatou-se que a unidade escolar não atende aos parâmetros mínimos de conforto termoacústico recomendados por normas técnicas vigentes. Quanto ao conforto térmico, os dados superaram os limites estabelecidos pela NBR 15575 – 1 (ABNT, 2024) e NBR 16401 – 2 (ABNT, 2008), que indicam temperaturas ideais entre 23 °C e 26 °C para ambientes escolares. A umidade relativa do ar também apresentou valores fora da faixa ideal de 40% a 65%, podendo provocar desconforto e prejudicar a concentração dos ocupantes.

No aspecto acústico, os níveis de ruído medidos nas salas de aula e na área de convivência ultrapassaram os 50 dB(A) recomendados pela NBR 10152 (ABNT, 2017). Foram observadas falhas de isolamento e ausência de controle térmico e acústico adequados, comprometendo o bem-estar e o desempenho de alunos, professores e funcionários.

A área de convivência, objeto das medições termoacústicas, revelou-se como um ponto crítico durante o estudo. Durante as avaliações realizadas, observou-se a ausência de circulação de ar, bem como registros de temperatura ambiente e níveis de ruído que excediam os limites considerados confortáveis pelas normativas aplicáveis. Além disso, constatou-se que a localização do prédio exerce influência na circulação do ar dentro do ambiente interno. Sua posição desfavorável em relação à direção do vento compromete a ventilação adequada, contribuindo para a sensação de calor. Por outro lado, as altas temperaturas das telhas metálicas da cobertura agravam ainda mais essa situação, aumentando o calor no ambiente interno, e gerando o desconforto sentido pelos ocupantes.

Considerando as características das telhas metálicas, destaca-se que esse tipo de cobertura apresenta elevada condutividade térmica e baixa capacidade de isolamento acústico, contribuindo para o aumento da temperatura interna e amplificação de ruídos, especialmente em eventos como precipitação. Nesse sentido, as soluções propostas, como o uso de telhas termoacústicas, aplicação de isolantes térmicos e acústicos e adoção de estratégias de ventilação adequada, mostram-se fundamentais para minimizar os impactos negativos associados a esse sistema construtivo.

Durante a avaliação acústica na sala de aula, identificou-se como um problema significativo a transferência de ruídos provenientes da área de convivência para o ambiente da sala durante os intervalos de aula. Constatou-se também que os níveis de ruído registrados, expressos em termos de nível de pressão sonora equivalente (Leq), estão acima dos limites estabelecidos pela NBR 10152 (ABNT, 2017), que recomenda valores máximos de 50 dB(A) para ambientes de ensino, como salas de aula, o que agrava ainda mais a situação. Essa interferência sonora compromete diretamente a qualidade do ensino, prejudicando a concentração dos alunos e dificultando a comunicação entre professores e estudantes.

Dessa forma, recomenda-se a adoção de medidas corretivas, como o tratamento termoacústico da área de convivência por meio da substituição ou adequação da cobertura metálica, utilizando telhas termoacústicas tipo sanduíche ou a inserção de forros com materiais isolantes, como lã de vidro, lã de rocha ou poliestireno expandido (EPS), a fim de reduzir a transmissão de calor para o ambiente interno. No que se refere ao conforto acústico, sugere-se a aplicação de materiais absorventes nas superfícies internas, como painéis acústicos e forros adequados, além da vedação de aberturas que favoreçam a propagação do ruído entre os ambientes. Recomenda-se também a reavaliação das aberturas e da orientação da edificação, com vistas à melhoria da ventilação natural por meio da ventilação cruzada, considerando a direção predominante dos ventos locais. Essas medidas visam à criação de um ambiente mais adequado ao aprendizado.

## REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 16401-2**: Instalações de ar-condicionado - sistemas centrais e unitários. Parte 2: Parâmetros de conforto térmico. Rio de Janeiro, 2008. p. 7. Cit. on pp. 19, 21, 26.

ABNT. **NBR 10152**: Acústica - Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Rio de Janeiro, 2017. p. 21. Cit. on pp. 19, 26.

ABNT. **NBR 15575**: Edificações habitacionais - desempenho. Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2021. p. 78. Cit. on pp. 19, 21.

ABNT. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais - desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2024. p. 95. Cit. on pp. 19, 21, 26.

ASHRAE. **ANSI/ASHRAE Standard 55-2017: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Atlanta, GA, 2017. Available from: https://store.accuristech.com/ashrae/standards/ashrae-55-2017?product_id=1994974. Cit. on p. 21.

BRASIL. **Norma Regulamentadora nº 17: Ergonomia**. Brasília, DF: [*s. n.*], 7 Oct. 2021. Aprovada pela Portaria MTP n.º 423, de 07 de outubro de 2021. Available from: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria/mtp-n-423-de-7-de-outubro-de-2021-351614985. Cit. on p. 21.

CANDIDO, C.; LAMBERTS, R.; BITTENCOURT, L.; DEAR, R. de. Aplicabilidade dos limites da velocidade do ar para efeito de conforto térmico em climas quentes e úmidos. [S. l.], 2010. Cit. on p. 20.

DIAS, A. da S. **Avaliação do desempenho térmico de coberturas metálicas utilizadas em edificações estruturadas em aço**. 2011. MA thesis – s. n., [S. l.] Cit. on p. 23.

FARIA, M. A. **Avaliação das condições de conforto térmico nas salas de aula do Campus Morro do Cruzeiro da UFOP**. 2013. PhD thesis – UFOP, Ouro Preto. Cit. on p. 20.

SANTIAGO, W. de A. **Análise do conforto térmico na área de convivência do IEAA/UFAM**. Humaitá – AM: [*s. n.*], 2019. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental). Cit. on p. 20.

SANTOS, A. F.; OLIVEIRA, L. R. Avaliação do conforto térmico e acústico em ambientes escolares na cidade de Vitória - ES. **Revista Educação Ambiental em Ação**, v. 20, n. 75, p. 1–15, 2020. Available from: https://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=3924. Cit. on p. 20.

SILVA, M. C.; ALMEIDA, J. P.; FREITAS, T. A. Análise do conforto térmico em salas de aula de uma escola pública em João Pessoa - PB. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 6, n. 5, p. 120–139, 2021. Available from: https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharias/conforto-termico-em-salas. Cit. on p. 20.

SILVA, S. V. de O.; PAGEL, É.; BASTOS, L.; MARCONSINI, C. Ventilação natural e qualidade do ar em salas de aula: revisão sistemática da literatura. **Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Unicamp, Campinas - SP, v. 13, 2022. Available from: https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8666284. Cit. on p. 22.

WITTMANN, G.; HEISSLER, R.; GASS WALTER, B.; CHRIST, R.; OLIVEIRA, M. F. **Desempenho acústico ao ruído da chuva em coberturas com telhas metálicas**. [S. l.], 2022. Cit. on p. 20.

©2026 by RECET/e-ISSN: 2763-8855. Este é um artigo de acesso livre, distribuído sob os termos e condições da licença Creative Commons.

This work is licensed under a Creative Commons "Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International" license.