XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Avaliação de estratégias bioclimáticas em escola de tempo integral utilizando parâmetros da ABNT NBR 15220-3 e ABNT NBR 15575-4

Evaluación de estrategias bioclimáticas en escuela de tiempo integral utilizando los parámetros de la ABNT NBR 15220-3 y ABNT NBR 15575-4

Evaluation of Bioclimatic Strategies in Full-Time School Using Parameters from ABNT NBR 15220-3 and ABNT NBR 15575-4

3-Conforto Térmico

Mattoso, Larissa Junqueira dos Santos
Arquiteta e Urbanista, Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, Brasil, larissamattoso99@usp.br

Dornelles, Kelen Almeida
Dra., Universidade Estadual de Campinas; Professora, Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, Brasil, kelend@usp.br

Resumo

Este trabalho investiga estratégias de conforto ambiental em um projeto escolar de tempo integral em Ribeirão Preto-SP, com foco em soluções passivas para enfrentar mudanças climáticas e ondas de calor. São adotados materiais de baixa transmitância térmica, sombreamento e esquadrias com aberturas superiores a 50%. A pesquisa fundamenta-se nas zonas bioclimáticas e nas recomendações da ABNT NBR 15220-3, além do método simplificado da ABNT NBR 15575-4, adaptando normas residenciais ao contexto escolar. Os resultados mostram que as estratégias adotadas atendem minimamente aos requisitos normativos, provando que o projeto possui maiores índices de conforto ambiental, ainda que não haja uma análise por simulação computacional.

Palavras-chave: Estratégias passivas. ABNT NBR 15575. Edifício escolar. ABNT NBR 15220-3. Método simplificado.

Resumen

Este trabajo investiga las estrategias de confort ambiental en un proyecto de escuela a tiempo completo en Ribeirão Preto-SP, centrándose en soluciones pasivas para hacer frente al cambio climático y las olas de calor. Se adoptaron materiales de baja transmitancia térmica, sombreado y marcos de ventanas con aperturas superiores al 50%. La investigación se basa en las zonas bioclimáticas y las recomendaciones de la ABNT NBR 15220-3, así como en el método simplificado de la ABNT NBR 15575-4, adaptando las normas residenciales al contexto escolar. Los resultados muestran que las estrategias adoptadas atienden mínimamente a las exigencias normativas, comprobando que el proyecto tiene mayores índices de confort ambiental, aunque no haya análisis de simulación computacional.

Palabras clave: Estrategias pasivas. Arquitectura Bioclimática. Edificio escolar. ABNT NBR 15220-3. Método simplificado.

Abstract

This study investigates environmental comfort strategies in a full-time school project in Ribeirão Preto-SP, focusing on passive solutions to deal with climate change and heat waves. Low thermal transmittance materials, shading and window frames with openings greater than 50% are adopted. The research is based on the bioclimatic zones and recommendations of ABNT NBR 15220-3, as well as the simplified method of ABNT NBR 15575-4, adapting residential codes to the school context. The results show that the strategies adopted minimally complies with the normative requirements, proving that the project has improved environmental comfort indices, even though there is no computer simulation analysis.

Keywords: Passive strategies. Bioclimatic Architecture. School building. ABNT NBR 15220-3. Simplified method.

1. Introdução

Conforme o Sexto Relatório de Avaliação (AR6) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), o impacto do aquecimento global de 1,1°C já está sendo sentido pela humanidade e pelos ecossistemas, com consequências que estão se aproximando rapidamente de um cenário de adaptação muito mais desafiador. Segundo a Unicef (2022), crianças e adolescentes são os mais afetados pela crise climática, principalmente os mais vulneráveis socioambientalmente, segundo o relatório "Crianças, Adolescentes e Mudanças Climáticas no Brasil" , emitido pela Unicef, em 2022.

Os danos à saúde das crianças podem ser de curto e longo prazo, sendo que em casos mais graves de exposição a graves alterações ambientais ocorrem "atrasos no desenvolvimento físico, problemas de comportamento e até mesmo de desenvolvimento intelectual" (Unicef, 2022). De acordo com o relatório, em áreas degradadas, o desenvolvimento pulmonar é prejudicado, enquanto seu sistema imunológico se torna mais vulnerável devido à exposição ao ar contaminado, quando comparadas a ambientes menos poluídos. Além disso, as mudanças climáticas reduzem brincadeiras ao ar livre, aumentando o tempo diante das telas com reflexos negativos à saúde física, mental e social (Alcântara *et al*., 2021).

A relevância dos edifícios no contexto das mudanças climáticas ultrapassa sua simples contribuição para as emissões de gases de efeito estufa. Eles desempenham um papel crucial como mediadores entre o ambiente externo, cada vez mais sujeito a instabilidades devido às mudanças climáticas, e o ambiente interno, que deve proporcionar segurança e conforto aos seus ocupantes. Nesse contexto, a implementação da educação em tempo integral enfrenta desafios estruturais. Essa estratégia que amplia a jornada diária dos alunos com atividades complementares, voltadas ao desenvolvimento integral, está sendo cada vez mais adotada na rede pública e privada para melhorar a qualidade da formação de cidadãos. Entretanto, muitas instituições não possuem infraestrutura adequada para lidar com fenômenos climáticos extremos, comprometendo o conforto térmico dos ambientes internos (Deliberador e Kowaltowski, 2010).

Desde a década de 1960, a construção de escolas no país prioriza modelos utilitários, de baixo custo e rápida execução, focados mais na quantidade do que na qualidade, assim, a maioria das escolas ainda apresenta salas de aula tradicionais, cujos conceitos espaciais não foram reformulados para atender às demandas sociais e ambientais, para além das suas dimensões físicas (Deliberador e Kowaltowski, 2010).

Em resposta a essa realidade, urge uma revisão crítica e uma transformação nos padrões de projeto, construção e operação dos edifícios. Tanto as edificações existentes quanto as futuras devem ser concebidas com uma perspectiva dual: adaptar-se às condições climáticas atuais e estar preparada para enfrentar as mudanças futuras (Freitas,Oliveira e Lima, 2019).

Para isso, é importante estudos que avaliem o percentual das horas anuais de conforto térmico das edificações escolares, juntamente com a adaptação da infraestrutura escolar as condições climáticas, como o de Freitas,Oliveira e Lima (2019), que reforça a importância da etapa de projeto para planejamento de estratégias, visto que "na fase de concepção do empreendimento existe uma maior disponibilidade de recursos a serem planejados e o custo de implantação é reduzido em comparação com as fases posteriores"(Freitas,Oliveira e Lima, 2019, p.959).

No Brasil, já existem regulamentações técnicas e diretrizes que avaliam o desempenho térmico de edificações e estabelecem requisitos e critérios para novas construções. No entanto, a abordagem direciona, implicitamente, para tipologias habitacionais, e não abrange especificamente para outras edificações, como prédios educacionais, como a ABNT NBR 15220 e ABNT NBR 15575.

Neste contexto, o presente artigo apresenta uma análise das estratégias bioclimáticas adotadas em um projeto de arquitetura para a educação integral na cidade de Ribeirão Preto, caracterizada pela zona bioclimática 4 - de acordo com a norma ABNT NBR 15220 - utilizando como metodologia os parâmetros das normas mencionadas. O objetivo principal deste estudo é a ampliação da aplicação da norma existente para edifícios escolares no condicionamento climático de maneira prática, compreendendo se essas estratégias adotadas são eficientes para alcançar uma adaptação climática no cotidiano infanto-juvenil.

2.Metodologia

2.1 O objeto de estudo

O objeto de estudo trata-se de um projeto escolar de tempo integral, não construído, localizado na praça Sílvio Passalacqua, em Ribeirão Preto. Seu programa consiste em brinquedoteca, sala de música, de estudos, oficinas, mídia, biblioteca(Bloco 1), cozinha, administração, enfermaria, banheiros (Bloco 2), salas multiuso, vestiários e quadra poliesportiva (Bloco 3), conforme apresentado na figura 1, na implantação do projeto, figuras

2 e 3 e fachadas Norte e Oeste (figuras 4 e 5). As seguintes estratégias bioclimáticas foram identificadas no projeto:

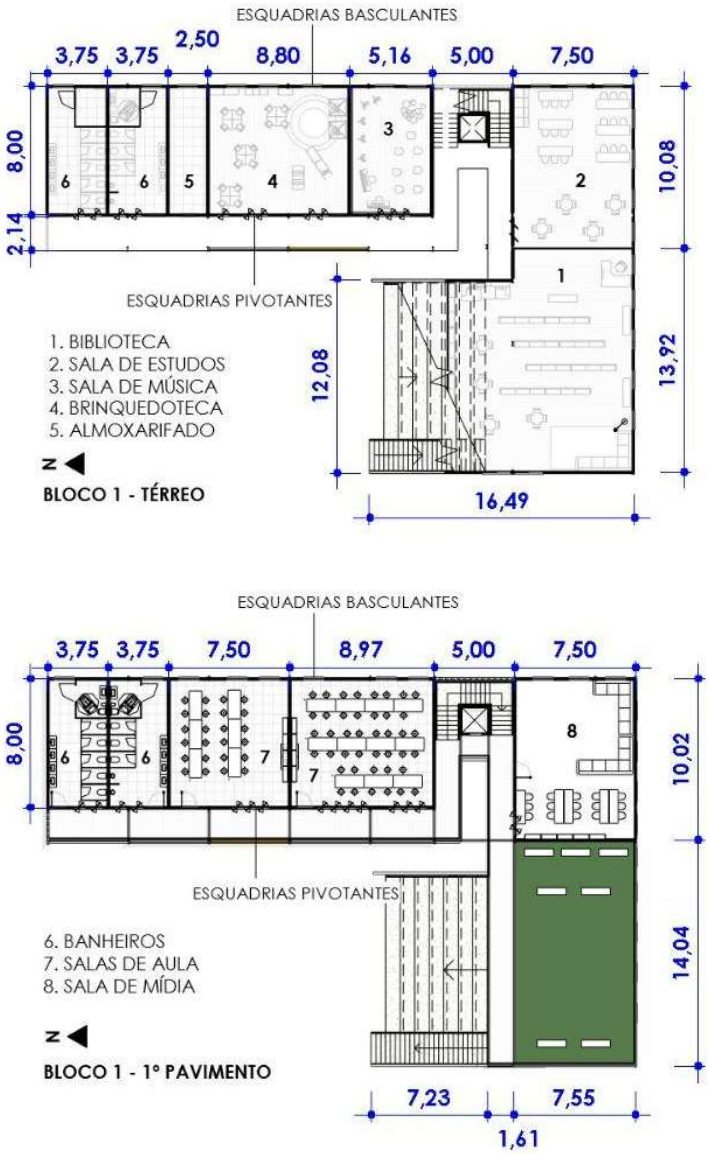
Ventilação: aberturas sombreadas, posicionadas inicialmente, nas fachadas leste e sul e, sobretudo, voltadas para o vento predominante; ventilação cruzada e controlada, modelos de esquadrias pivotantes verticais e basculantes(figura 6), que permitem maior porcentagem de ventilação, de acordo com o RTQ-C (BRASIL, INMETRO, 2011). Materiais: paredes externas e internas compostas por tijolo de solo-cimento e camada de argamassa comum , laje em concreto e cobertura sanduíche (com isolamento); Cobertura: cobertura com ático ventilado, descolada da laje com altura aproximada de 50 cm(figura 5); Elementos de sombreamento: aplicação de paredes vazadas (“cobogós”)e brise-soleil nas fachadas norte e oeste; Efeito de pátios: os blocos de edifícios formam uma espécie de pátio vegetado, que direcionam os ventos, para criar um microclima e amenizar os efeitos do calor (figura 1).

Figura 1: Implantação do contraturno escolar



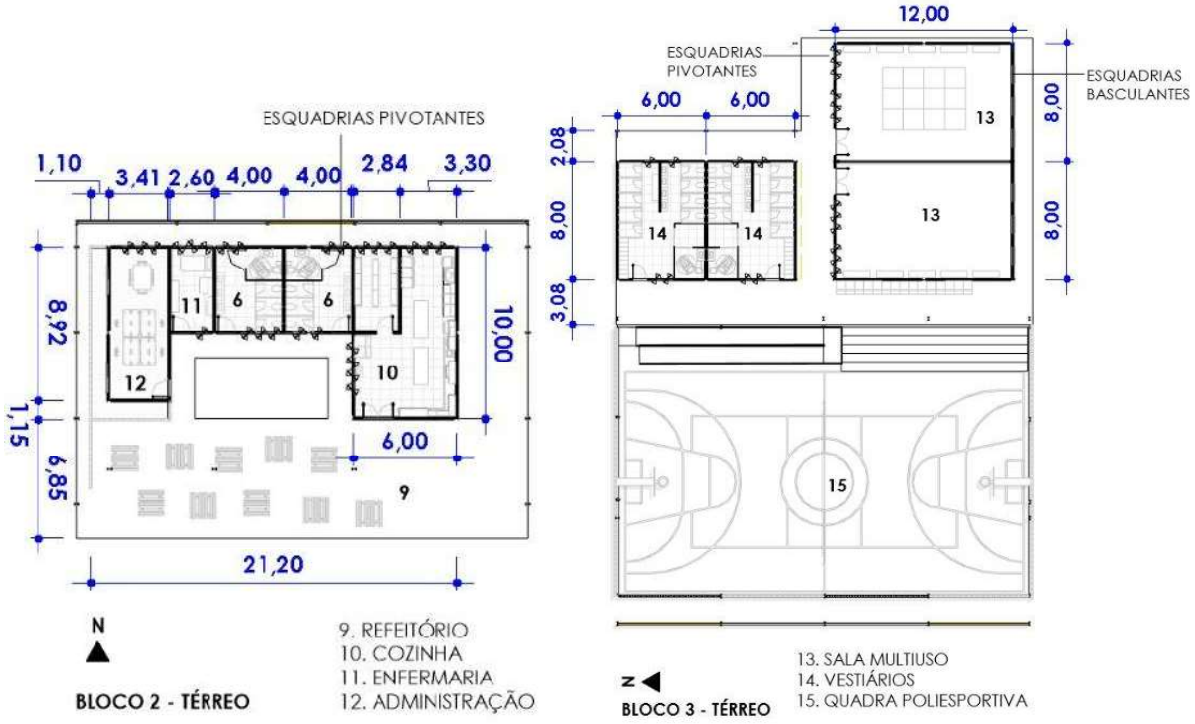
Fonte: Adaptado de Mattoso (2024).

Figura 2: Plantas baixas do 1º e 2º pavimento do Bloco 1.



Fonte :Adaptado de Mattoso (2024).

Figura 3: Plantas baixas dos Blocos 2 e 3.



Fonte: Adaptado de Mattoso (2024).

Figura 4a: Fachada Norte e seus dispositivos de sombreamento: brise metálico e cobogó



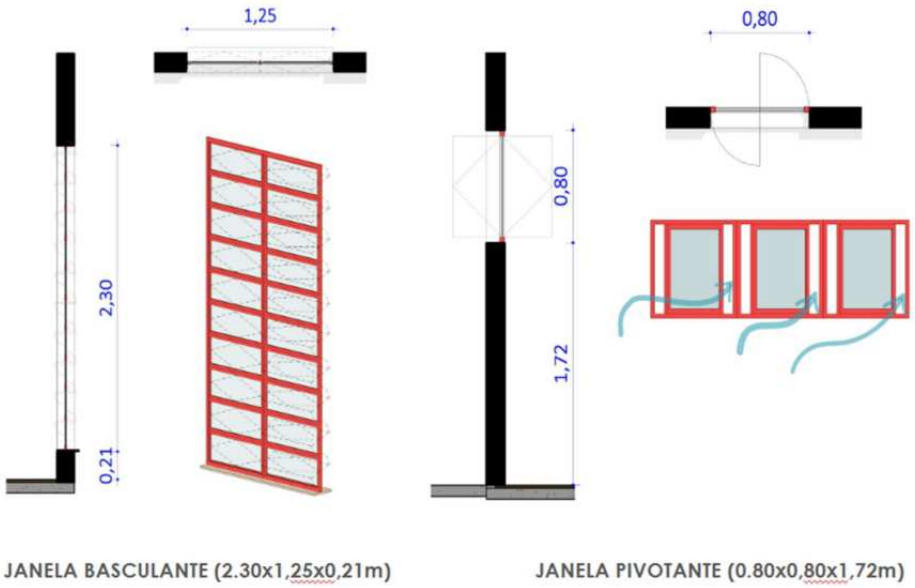
Fonte: Elaboração própria (2025).

Figura 4b: Fachada Oeste e seus dispositivos de sombreamento: brises metálicos e cobogós.



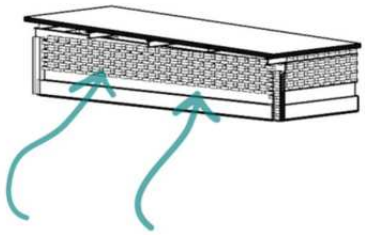
Fonte: Adaptado de Mattoso (2024).

Figura 6: Detalhe das esquadrias com abertura basculante e pivotante.



Fonte: Adaptado de Mattoso (2024).

Figura 6: Detalhe da cobertura descolada e ventilada



Fonte :Adaptado de Mattoso (2024).

3.2 Parâmetros para a análise

Norma ABNT 15220 - 3:2024

Para analisar o projeto, foi utilizada a norma ABNT NBR 15220-3:2024 como uma referência de estudo, pois define as Zonas Bioclimáticas (ZBs) para o território brasileiro, ao mesmo tempo que apresenta recomendações de conforto para habitações unifamiliares de interesse social. Este estudo adota a norma em sua versão mais recente, na qual utiliza dados climáticos atualizados (1991–2020) para fornecer uma classificação mais precisa das zonas bioclimáticas, essencial para a análise do conforto térmico e das estratégias bioclimáticas adequadas.

A cidade de Ribeirão Preto tem sua latitude próxima ao Trópico de Capricórnio, recebendo radiação solar intensa, sua caraterística topográfica com poucas elevações e montanhas que limita a circulação do ar deixando a cidade suscetível à altas temperaturas, de até 34ºC, e baixa umidade (INMET). Com isso, se enquadra à ZB 3B, de acordo com a versão 2024 (ou à ZB 4, de acordo com a versão 2005), cujas algumas estratégias indicadas são: aberturas para ventilação médias e sombreadas, ventilação seletiva, vedações externas pesadas, cobertura leve isolada e resfriamento evaporativo.

3.3 Métodos de estudo bioclimático

A ABNT NBR 15575:2024 estabelece os requisitos mínimos de desempenho para edificações habitacionais no Brasil, sendo fundamental como parâmetro de conforto térmico ao estabelecer limites para temperaturas internas. No estudo, foi adotado o método simplificado da norma que avalia o desempenho térmico, com base em critérios pré-definidos, sem necessidade de simulação computacional. Ele considera a zona bioclimática, as características da envoltória (material, espessura, cor das paredes e cobertura), as aberturas e ventilação (proporção e orientação das janelas, sombreamento) e valores mínimos de transmitância térmica, capacidade térmica e fator solar.

Para validar as estratégias adotadas para melhoria do desempenho térmico no edifício, também foi utilizado o programa *Fluxo Vento* para analisar a circulação do ar e os efeitos climáticos do pátio interno a partir da direção dos ventos predominantes da cidade onde o projeto está localizado.

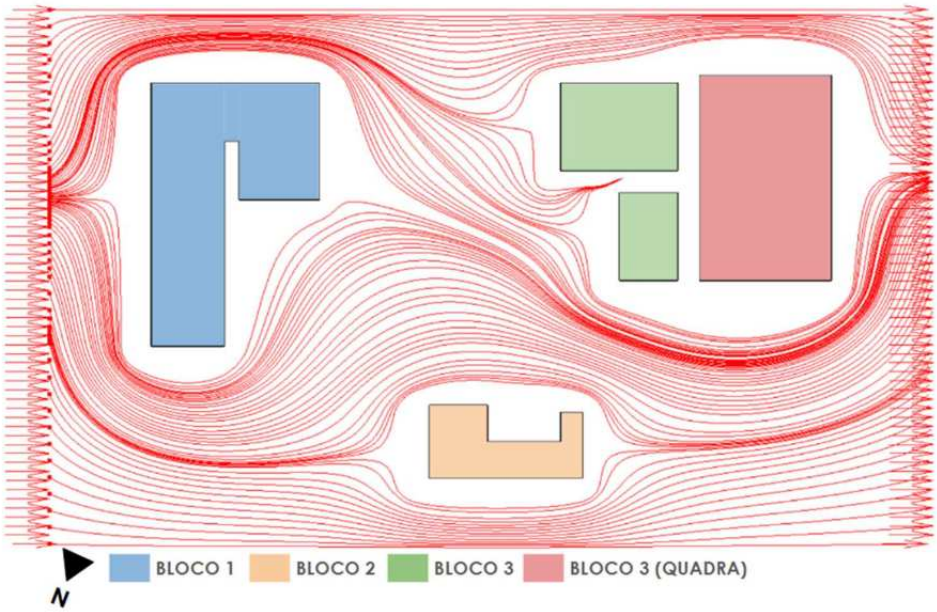
4. Resultados

Os resultados da análise são apresentados separadamente, por método utilizado e, por fim, são discutidos de forma conjunta. No estudo realizado pelo programa *Fluxo Vento*, pôde-se perceber que o efeito do pátio causa maior fluxo de ar entre os volumes dos blocos de edifícios (Figura 7) e, somado à presença dos espelhos d'água é possível obter a ventilação com maior umidade e o efeito de resfriamento do ar, pelo seu efeito evaporativo.

Já a aplicação do método simplificado da ABNT NBR 15575-4:2024 sobre os elementos construtivos e aberturas, indica que a edificação atinge os níveis mínimos de desempenho térmico, de acordo com os requisitos exigidos de ventilação natural adequada: o percentual

mínimo de 7% de abertura e o percentual máximo de 20% de elementos transparentes em relação à área do ambiente, como pode ser observado na tabela 1 a seguir.

Figura 7: Resultado do estudo de ventilação entre os volumes dos blocos no programa Fluxovento.



Fonte :Adaptado de Mattoso (2024).

Tabela 1: Avaliação da ventilação conforme método simplificado da ABNT NBR 15575-4.

Ambiente	Área de Piso (m²)	Tipo de Esquadria	Quantidade Esquadrias	Área de Abertura Ideal (m²)	Percentual de abertura real para ventilação	Percentual de elementos transparentes
Brinquedoteca	64,00	Basculante	3	4,48	14%	15%
		Pivotante	5			
Sala de Música	40,00	Basculante	2	2,80	14%	15%
		Pivotante	3			
Sala de Estudos	75,00	Basculante	7	5,25	17%	19%
		Pivotante	2			
Biblioteca	140,00	Basculante	5	9,80	11%	13%
Sala de Oficina 1 e 2	72,00	Basculante	3	5,04	14%	15%
		Pivotante	4			
Sala de Mídia	75,00	Basculante	3	5,25	9%	19%
		Pivotante	2			
Administrativo	30,60	Pivotante	3	2,14	16%	13%

Cozinha	49,50	Pivotante	6	3,47	8%	14%
Multiuso 1 e 2	96,00	Basculante	3	6,72	10%	15%
		Pivotante	6			

Fonte: Elaboração Própria (2025).

Nota-se que quanto maior a abertura para ventilação (tabela 1), melhora o conforto térmico. Em contrapartida, o aumento de elementos transparentes impacta na quantidade de calor que passa do ambiente externo para o ambiente interno. Sendo assim, o ideal são esquadrias que atinjam o percentual mínimo de elementos transparentes, mas que possuam percentuais de abertura maiores com ventilação cruzada eficiente, o que reduz a necessidade de sistemas mecânicos de ventilação.

Em relação ao atendimento da envoltória, que estabelece valores limites de transmitância térmica (<3,7 W/(m2K) para paredes e <2,3 para coberturas), capacidade térmica (≥ 130), demonstram que o tijolo ecológico serve como alternativa eficaz neste caso. Assim como a telha sanduíche também desempenha bem na contenção da transmissão de calor. Tendo em vista que as paredes e coberturas possuem um isolamento térmico adequado para minimizar ganhos e perdas de calor excessivos, como mostram as Tabelas 2 e 3, o edifício tem uma boa inércia térmica para estabilizar a temperatura interna ao longo do dia, evitando oscilações extremas.

Tabela 2: Propriedades térmicas dos materiais, de acordo com a ABNT NBR 15220-2.

Materiais	**Espessura** (m)	**Densidade** (kg/m³)	**Condutividade térmica** (W/(m.K))	**Calor Específico** kJ/(kg.K)	**Resistência térmica** (m².K)/W	**Capacidade Térmica Ct** [kJ/(m²K)]
Argamassa Comum	0,02	1950	1,15	1	0,017	39,0
Tijolo Ecológico*	0,12	1745	0,90	1	0,133	209,40
Telha Sanduíche	0,043	32	0,022	-	1,95	-
Ar	variável	-	-	-	0,14	-
Laje de Concreto	0,10	2300	1,75	1	0,057	-

*Os valores de Condutividade Térmica e Densidade do tijolo ecológico foram baseados em Silva(2023). Foi considerado também um tijolo ecológico com traço 7:1 nas proporções de solo e cimento.

Fonte: Elaboração Própria (2025).

Tabela 3: Avaliação do desempenho térmico da envoltória conforme parâmetros da ABNT NBR 15575-4

Elemento Construtivo	**Absortância solar**	**Resistência Total** (m2.K)/W	**Capacidade Térmica Total** **Ct** [kJ/(m²K)]	**Transmitância Térmica** **U** [W/(m2K)]	**Atende aos requisitos?**

Paredes Externas	0,4	0,46	248,40	3,12	Sim
Cobertura	0,4	8,34	-	0,12	Sim

Fonte: Elaboração Própria (2025).

A combinação entre estes materiais e uma ventilação ampla mostra que o projeto possui um desempenho térmico adequado e a demanda por climatização artificial será reduzida, sendo possível estimar uma redução no consumo energético do edifício em comparação com um cenário onde não há adequação às normas.

5. Conclusão

O estudo demonstrou que a adoção de estratégias bioclimáticas adequadas à zona climática local aumenta o conforto e a eficiência energética do edifício, conforme os parâmetros da ABNT NBR 15575. Tais estratégias, que incluem materiais com baixa transmitância térmica e alta ventilação natural, reduzem a necessidade de resfriamento artificial. Elas podem ser replicadas em outras edificações públicas educacionais, promovendo a adaptação climática no ambiente escolar.

A complementaridade deste estudo pode se dar por métodos de simulação computacional que avalie as temperaturas internas das escolas e calcule a Percentagem de Horas de Ocupação dentro da Faixa de Temperatura Operativa (PHFT). Isso é exemplificado no estudo de Freitas, Oliveira e Lima (2019), que analisou as condições de conforto térmico dos ambientes naturalmente ventilados a partir do estudo das horas operativas dentro da faixa de conforto sem as estratégias e, depois, com elas, concluindo que é possível atingir níveis de conforto térmico através de estratégias passivas em ambientes escolares.

Por fim, o presente estudo aponta para a possibilidade de estender as normas ABNT NBR 15220 e ABNT NBR 15575 para edificações escolares, considerando suas características de ocupação, para garantir conforto e um desempenho térmico mais eficiente, em período integral, ao prever as adaptações do edifício já na fase de concepção do projeto.

Referências

ALCÂNTARA, S. et al. Notas sobre o mal-estar na cibercultura em tempos de hiperaceleração digital. **Tempo psicanalítico.** Rio de Janeiro: SPID, v. 53, n. 1,jan/jun. 2021, p. 221–248.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15220-3:** Desempenho térmico das edificações habitacionais – Parte 3: Requisitos e métodos de avaliação. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-4:** Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 4: Requisitos para desempenho dos sistemas. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

DELIBERADOR, M. S.; KOWALTOWSKI, D. C. C. Importância dos agentes para a arquitetura escolar: aplicação de jogo de apoio ao processo participativo. Porto Alegre: **Ambiente Construído**, v. 18, n. 2, abr. 2018, p. 273–288.

FREITAS, L. F.;OLIVEIRA, R. D.;LIMA, F. R. S."Análise das Condições de Conforto Térmico dos Usuários em Ambientes Naturalmente Ventilados: Simulação Aplicada à Edificação Escolar Pública". **Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, XV e Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, XI.** João Pessoa: Brasil, 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP): dados históricos de Ribeirão Preto.** Brasília: INMET, 2025. Disponível em: https://bdmep.inmet.gov.br/. Acesso em: 15 fev. 2025.

INMETRO. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. Rio de Janeiro: INMETRO, 2011.

MATTOSO, L.J.D.S. **Brincando com o clima : a necessidade de contraturnos bioclimáticos para a educação.** Trabalho de Graduação Integrado (TGI) em Arquitetura e Urbanismo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2024. 195 p.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS – IPCC. **Relatório de avaliação do IPCC – AR6: Síntese para formuladores de políticas.** Genebra: IPCC, 2023. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/. Acesso em: 14 abr. 2025.

SILVA, M. G. **Avaliação do Desempenho Térmico de Tijolos Ecológicos Vazados em Serra Talhada – Pe.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Serra Talhada, 2023.

UNICEF Brasil. **Crianças, Adolescentes e Mudanças Climáticas no Brasil–2022**. Brasil, Novembro de 2023.