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

Análise Bioclimática do Bloco B do CEFET-MG Timóteo: Uma Experiência Didática em Desempenho do Edifício no Curso de Arquitetura e Urbanismo

Análisis Bioclimático del Bloque B del CEFET-MG Timóteo: Una Experiencia Didáctica en Desempeño Edificatorio en el Curso de Arquitectura y Urbanismo

Bioclimatic Analysis of Block B of CEFET-MG Timóteo: A Didactic Experience in Building Performance in the Architecture and Urbanism Course

Práticas didáticas em conforto ambiental e ergonômico e qualidade ambiental / *Prácticas didácticas en confort ambiental y ergonómico y calidad ambiental / Didactic practices in environmental and ergonomic comfort and environmental quality*

de Paula, Kênia Alves
Mestre, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Timóteo, Brasil, keniaalves@cefetmg.br

Hostt, Igor Xavier
Graduando, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Timóteo, Brasil, igorhostt@gmail.com

Lage, Ludmila Pereira
Graduando, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Timóteo, Brasil, ludmilapereiralage31@gmail.com

Lima, Lais Carolline Reis
Graduando, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Timóteo, Brasil, laiscarolline.lima@gmail.com

Penna, Larissa Sírio Coelho
Graduando, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Timóteo, Brasil, larissascpenna@gmail.com

Resumo

Este artigo apresenta os resultados de uma prática pedagógica desenvolvida com estudantes do 3º período do Curso de Arquitetura e Urbanismo do CEFET-MG, Campus Timóteo. A atividade utilizou metodologias ativas e teve como objeto de estudo o próprio campus, possibilitando a compreensão de conceitos relacionados ao conforto e desempenho térmico. A metodologia envolveu estudo de caso, análise bioclimática e simulações físicas e computacionais, integrando ferramentas manuais e digitais no processo investigativo. A experiência reforça a articulação entre teoria e prática no ensino da arquitetura, em consonância com a abordagem de Guidalli (2012). Os resultados superaram o objetivo inicial de aprendizagem, ao contribuírem para a compreensão de problemas recorrentes no campus, como a ineficiência do brise. Com a maquete física em mãos, os estudantes puderam circular pelo campus apresentando as descobertas e soluções propostas e consolidando o conhecimento ao compartilhá-lo com colegas, professores e demais usuários.

Palavras-chave: Conforto térmico. Desempenho do Edifício. Estratégias bioclimáticas. Metodologias Ativas.

Resumen

Este artículo presenta los resultados de una práctica pedagógica desarrollada con estudiantes del tercer semestre del Curso de Arquitectura y Urbanismo del CEFET-MG, Campus Timóteo. La actividad utilizó metodologías activas y tuvo como objeto de estudio el propio campus, lo que permitió la comprensión de conceptos relacionados con el confort y el desempeño térmico. La metodología incluyó estudio de caso, análisis bioclimático y simulaciones físicas y computacionales, integrando herramientas manuales y digitales en el proceso investigativo. La experiencia refuerza la articulación entre teoría y práctica en la enseñanza de la arquitectura, en consonancia con el enfoque de Guidalli (2012). Los resultados superaron el objetivo inicial de aprendizaje, al contribuir a la comprensión de problemas recurrentes en el campus, como la ineficiencia del brise-soleil. Con la maqueta física en mano, los estudiantes pudieron recorrer el campus presentando sus descubrimientos y propuestas de solución, consolidando así el conocimiento al compartirlo con compañeros, profesores y demás usuarios.

Palabras clave: Confort térmico. Desempeño del edificio. Estrategias bioclimáticas. Metodologías activas.

Abstract

This article presents the results of a pedagogical practice carried out with third-semester students of the Architecture and Urbanism program at CEFET-MG, Timóteo Campus. The activity employed active learning methodologies and focused on the campus itself as the object of study, enabling the understanding of concepts related to thermal comfort and performance. The methodology involved a case study, bioclimatic analysis, and both physical and computer simulations, integrating manual and digital tools in the investigative process. The experience reinforced the connection between theory and practice in architectural education, in line with the approach of Guidalli (2012). The results exceeded the initial learning objective by contributing to the understanding of recurring problems on campus, such as the inefficiency of the brise soleil. With the physical model in hand, students were able to walk around the campus presenting their findings and proposed solutions, consolidating knowledge by sharing it with peers, professors, and other users.

Keywords: Thermal comfort. Building performance. Bioclimatic strategies. Active Learning Methodologies.

1. Introdução

A busca por edificações mais eficientes e sustentáveis torna-se cada vez mais necessária diante da urbanização acelerada, que intensifica as mudanças climáticas e a crise energética. Segundo Lambert et al. (2014), o conforto ambiental, essencial para o bem-estar e a sustentabilidade, abrange aspectos térmicos, visuais, acústicos, antropométricos, qualidade do ar e conforto olfativo. Para Barros (2001), o desempenho ambiental de uma edificação é caracterizado pela sua capacidade de atender às necessidades dos usuários, proporcionando conforto ambiental, o que depende diretamente das escolhas projetuais, materiais e estratégias adotadas. Nesse contexto, as estratégias bioclimáticas se destacam como ferramentas para otimizar essas condições e adaptar a edificação ao clima local. Entre elas, destacam-se as estratégias passivas, que constituem um subconjunto específico voltado ao uso de recursos naturais — como a luz solar e a ventilação. No Brasil, práticas como o sombreamento, a ventilação natural e o isolamento são utilizadas de acordo com as condições climáticas regionais, visando melhorar o desempenho térmico e lumínico.

O documento da Organização das Nações Unidas, que institui a Agenda 2030, orienta a adoção de medidas para promover a sustentabilidade ambiental, a saúde e o bem-estar das populações, especialmente nas cidades (ONU, 2015). Entre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), destacam-se o ODS 3, que trata da saúde e bem-estar, e o ODS 11, que visa a construção de cidades mais inclusivas, seguras e sustentáveis. Portanto, essas orientações reforçam a importância do uso das estratégias bioclimáticas no ambiente construído, uma vez que tais soluções contribuem para a melhoria do conforto ambiental, a redução do consumo energético e a adaptação das edificações às condições climáticas locais.

Nesse contexto, realizou-se um estudo na disciplina Conforto Ambiental, do 3º período do curso de Arquitetura e Urbanismo do CEFET-MG, com foco na análise bioclimática do Bloco B do campus Timóteo. Avaliou-se o impacto das estratégias passivas no desempenho térmico do edifício, utilizando uma abordagem metodológica que inclui estudo de caso, diretrizes metodológicas, análise bioclimática e uso de softwares para avaliação ambiental e proposição de melhorias baseadas em princípios bioclimáticos. O campus, como um laboratório urbano, se tornou o cenário ideal para o estudo e a experimentação das estratégias bioclimáticas. De acordo com Guidalli (2012), a experiência do aluno é fundamental para a contextualização do indivíduo no espaço:

> “O comportamento territorial e a apropriação do espaço são fundamentais para a sala de aula se tornar parte da identidade ambiental do aluno. Ou seja, para que o estudante, por meio de sua própria iniciativa, melhore as condições ambientais de sua sala de aula.” (Guidalli, 2012, p.52)

A metodologia ativa adotada considerou ferramentas e recursos compatíveis com o nível de aprendizado dos estudantes, estimulando a integração entre teoria e prática a partir da análise do próprio campus. Ao investigar o desempenho térmico do Bloco B, os alunos não só desenvolveram competências técnicas, mas também refletiram sobre a otimização do espaço de aprendizagem para o conforto ambiental. Esse processo possibilitou, assim, atender aos objetivos do trabalho, avaliar as estratégias bioclimáticas adotadas, propor melhorias no ambiente e contribuir para o desenvolvimento de soluções sustentáveis na arquitetura.

2. Objetivos

Este artigo tem como objetivo apresentar os resultados e as estratégias adotadas por estudantes do curso de Arquitetura e Urbanismo na avaliação das condições de desempenho térmico e lumínico de uma porção do Bloco B do CEFET-MG, Campus Timóteo, com base em diretrizes normativas e na literatura científica. Busca-se, ainda, propor soluções fundamentadas em estratégias bioclimáticas que otimizem o conforto ambiental para alunos e funcionários, valendo-se de metodologias ativas que integrem teoria e prática.

3. Metodologia

O exercício didático apresentado tem como objetivo metodológico viabilizar a aplicação prática dos conceitos de arquitetura bioclimática, permitindo que os estudantes identifiquem e analisem, em um contexto real, as condições de conforto ambiental da edificação. Para isso, são utilizadas ferramentas de simulação e análise que auxiliam na verificação do desempenho térmico, bem como na proposição de estratégias projetuais alinhadas às diretrizes normativas e aos princípios da bioclimatologia.

A pesquisa foi realizada no Bloco B do CEFET-MG, unidade de Timóteo, localizado em uma região de clima tropical quente semiúmido, conforme a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 21,5 ºC. A topografia irregular da cidade, que alterna áreas planas e inclinadas, influencia diretamente a ventilação natural e a incidência de radiação solar nas edificações, afetando o desempenho térmico e luminoso dos espaços urbanos. Dessa

forma, a morfologia de Timóteo desempenha papel importante na modulação das temperaturas locais e na qualidade do conforto ambiental, o que torna necessário a avaliação de estratégias arquitetônicas. O campus situado na região Centro-Norte da cidade, ocupa aproximadamente 25.000 m² e é composto por três edificações principais, conforme Figura 01: Bloco A, Ginásio e Bloco B — este último sendo o foco do estudo.

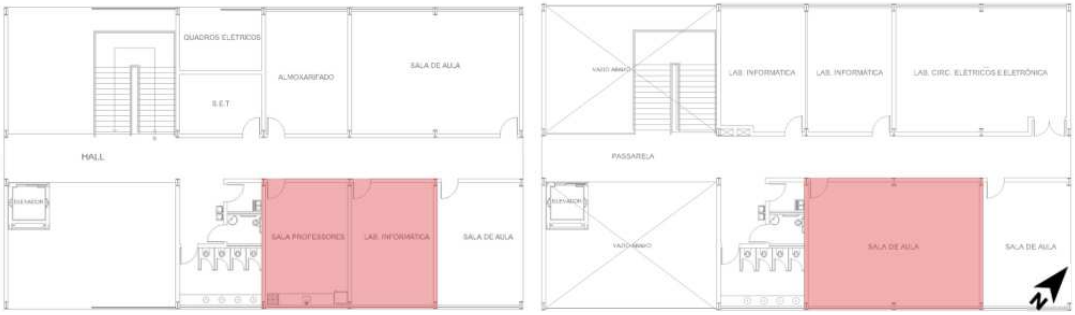
Figura 01: Setorização do Campus Timóteo.



Fonte: Autoria própria (2025)

A análise bioclimática apresentada neste artigo teve como foco a avaliação das condições de desempenho de duas salas de aula posicionadas nos dois pavimentos do bloco B, justificada pela necessidade de compreender o impacto da orientação solar e da ventilação cruzada no desempenho ambiental desses ambientes. O uso de cada sala está especificado na Figura 02, com destaque para as salas analisadas, localizadas no primeiro e no segundo pavimento, respectivamente.

Figura 02: Recorte dos pavimentos do bloco B.



Fonte: Diretoria do CEFET-MG, Timóteo (2024)

O trabalho desenvolvido adotou como metodologia diretrizes normativas e referenciais teóricos da bioclimatologia e do desempenho de edificações. A análise foi estruturada nas seguintes etapas:

- Levantamento dos parâmetros normativos aplicáveis, com ênfase nas normas da ABNT — NBR 15575:2021 (Desempenho de Edificações Habitacionais), NBR 15220-1:2024 (Desempenho Térmico de Edificações - Parte 1: Definições, Símbolos e Unidades), NBR 15220-2:2022 (Desempenho Térmico de Edificações - Parte 2: Componentes e Elementos Construtivos - Resistência e Transmitância Térmica - Métodos de Cálculo), NBR 15220-3/TR 15220-3-1:2024 (Desempenho Térmico de Edificações - Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Classificação das Cidades) e NBR 15215:2004 (Desempenho de Iluminação Natural) — que regulamentam o desempenho térmico e lumínico das edificações.
- Estudo da incidência solar, incluindo a trajetória do sol e a análise de sombreamento ao longo do dia e do ano, utilizando cartas solares e simulações computacionais;
- Avaliação do aproveitamento da ventilação natural e da eficiência dos dispositivos de sombreamento, como brises metálicos, na modulação da radiação solar e na redução do ofuscamento;

A análise foi baseada nos princípios da bioclimatologia e do desempenho das edificações, considerando a interação entre os fatores climáticos e a edificação. Foram utilizados softwares de simulação computacional, como Andrew Marsh e SketchUp, para ilustrar os desafios encontrados e embasar as avaliações térmicas e lumínicas da área de estudo. Além disso, a construção de uma maquete física permitiu visualizar tridimensionalmente a incidência solar e testar estratégias de sombreamento.

A incidência solar foi estudada com o auxílio da carta solar e por meio do traçado da trajetória do sol ao longo do dia e do ano, sendo possível identificar áreas de maior exposição solar e projetar estratégias de sombreamento adequadas, como um brise misto, para otimizar as condições de conforto no interior das salas de estudo. A edificação foi analisada considerando sua orientação, posicionada em um ângulo de 37° em relação ao Norte, e sua localização em Timóteo, que de acordo com a ABNT NBR 15220-3:2024, está situada na Zona Bioclimática 3B, o que condiciona a necessidade de estratégias passivas para conforto térmico.

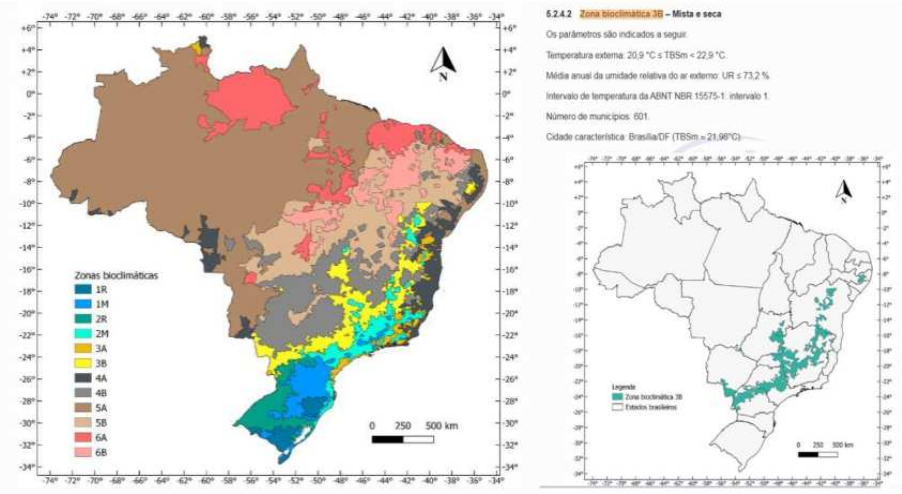
4. Resultados

O atendimento às diretrizes construtivas para o conforto ambiental faz com que os edifícios garantam ambientes eficientes em termos energéticos, especialmente em zonas climáticas como a Zona Climática 3B, onde as condições de alta temperatura e umidade relativa do ar exigem estratégias específicas. A classificação bioclimática da NBR 15220:2024 serve como base para a avaliação de desempenho orientada pela NBR 15575:2021.

Em primeiro lugar, a NBR 15220-3:2024 apresenta uma nova divisão do território brasileiro em zonas bioclimáticas. Esta recente revisão da norma aprimorou as zonas existentes para melhor representar as variações climáticas regionais, buscando melhorar as especificidades nas escolhas de estratégias arquitetônicas adequadas para cada localidade. Já a NBR ABNT TR 15220:2024 classifica a cidade de Timóteo na Zona Climática 3B, no bioclima tropical de altitude, conforme explicitado nos mapas da Figura 03, caracterizado por temperaturas amenas a elevadas ao longo do ano, com invernos secos e verões quentes e chuvosos. As estratégias recomendadas para edificações na região incluem:

- **Ventilação cruzada** para dissipação do calor interno;
- **Sombras e proteções solares**, como brises e beirais, para reduzir o ganho térmico;
- **Materiais de alta inércia térmica** em paredes e coberturas, favorecendo o conforto interno;
- **Uso de vegetação** e elementos naturais para resfriamento passivo.

Figura 03: Zoneamento bioclimática por desempenho térmico e umidade relativa



Fonte: ABNT NBR 15220-3-2024 (2024)

Após a fundamentação teórica, para se adequar ao conteúdo abordado na atividade proposta para os alunos universitários na disciplina de Conforto Ambiental, a intervenção apresentada concentrou-se especificamente na análise do desempenho e nos métodos de dimensionamento de dispositivos de sombreamento das aberturas. Na Figura 04, é possível observar o brise existente, bem como sua orientação, que se revela inadequada para a proteção solar e o sombreamento, uma vez que sua configuração é exclusivamente horizontal. Durante as simulações, com o auxílio da carta solar, foi possível perceber que a melhor configuração para as orientações das fachadas analisadas — noroeste e sudeste — seria a adoção de brises verticais ou mistos, capazes de otimizar o sombreamento e a proteção solar, adequando-se melhor à incidência solar específica de cada fachada.

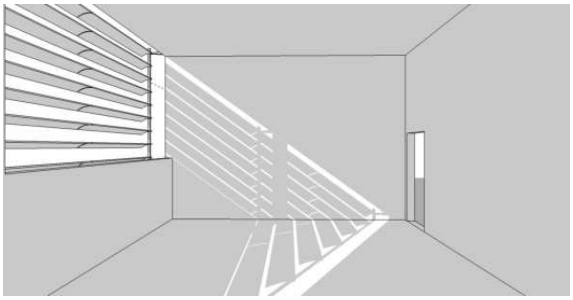
Figura 04: Fotografia dos brises existentes



Fonte: Autoria própria (2024)

O brise atual é composto por perfis de ferro enrijecido como elemento estrutural e chapas metálicas como forma de proteção solar. A Figura 05, apresenta uma simulação realizada através do *software* de modelagem *3D* SketchUp, considerando o elemento de proteção da fachada sudeste em seu funcionamento nos seguintes parâmetros: dia 20 de junho, às 16h00.

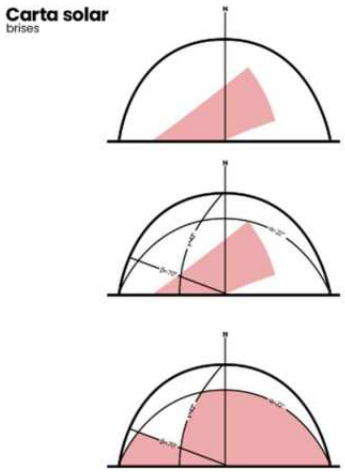
Figura 05: Simulação do brise existente no Sketchup



Fonte: Autoria própria (2024)

O estudo da incidência solar no edifício teve seu início processual com o uso da carta solar. A mancha em vermelho, apresentada na Figura 06, representa o período de incidência direta da radiação solar ao longo do ano na fachada sudeste, onde um dos brises está localizado.

Figura 06: Carta solar

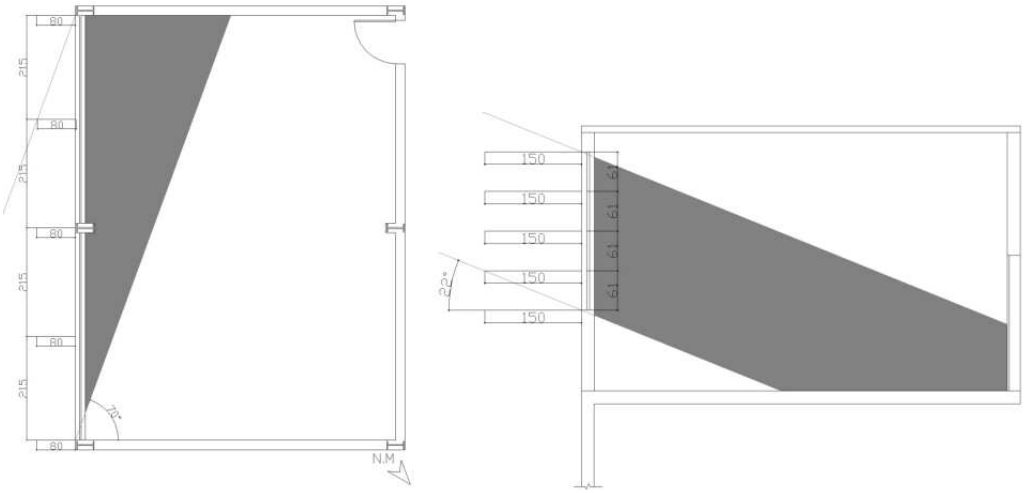


Fonte: Autoria própria (2024)

A análise detalhada da incidência solar, dos ângulos de incidência e da máscara de sombra permitiu identificar áreas de maior exposição ao longo do dia e do ano. A Figura 07 representa o dimensionamento obtido com base na carta solar. Assim, como mostrado na Figura 08, foi

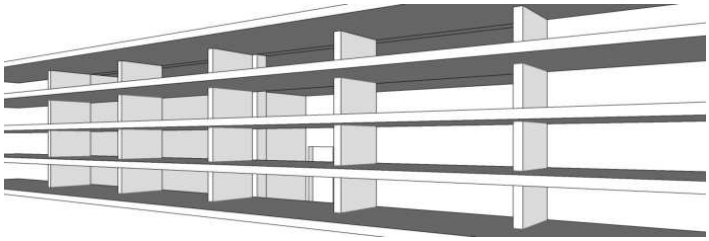
projetado e modelado um brise misto para otimizar o desempenho térmico nas salas de aula, combinando elementos fixos e móveis para reduzir o ganho solar e maximizar a luz natural, aliado ao uso estratégico de árvores na fachada.

Figura 07: Planta baixa e corte, respectivamente.



Fonte: Autoria própria (2024)

Figura 08: Modelagem 3D do brise proposto.



Fonte: Autoria própria (2024)

O edifício em questão se destaca pelo dimensionamento das aberturas, superando a exigência mínima da ABNT NBR 15575, que determina que o vão de abertura deve ser maior ou igual a 1/12 da metragem quadrada do ambiente. Isso possibilita maior aproveitamento da ventilação natural, iluminação natural e contato com o exterior, contudo, também aumenta a exposição solar e o sobreaquecimento dos ambientes pela falta de preparo construtivo adequado.

Para representar os resultados de forma aplicada, foi desenvolvida uma maquete física (Figura 09), que facilitou a visualização da proposta e a interação com a comunidade acadêmica. Essa

materialização do estudo teórico favoreceu a troca de saberes e aproximou os públicos do projeto, tornando o aprendizado mais dinâmico e colaborativo (Figura 10). O processo reforçou a importância da articulação entre espaço, ensino e conforto ambiental, conforme discutido por Rocha (2021), que destaca a importância da articulação entre espaço, ensino e conforto ambiental. A experiência revelou ainda o potencial das metodologias ativas e da integração entre recursos manuais e digitais no ensino de arquitetura e urbanismo.

Figura 09: Maquete realizada pelos alunos.



Fonte: Autoria própria (2024)

Figura 10: Discussão com discentes



Fonte: Autoria própria (2024)

5. Conclusão

A análise realizada no Bloco B do CEFET-MG, Campus Timóteo, proporcionou uma importante experiência para os estudantes, que puderam aplicar conceitos de conforto ambiental em um contexto real. A proposta de soluções, como o brise misto, demonstrou resultados significativos na diminuição da incidência solar, como comprovado nas metodologias escolhidas, alinhando-se às necessidades climáticas da região. A apresentação da maquete física aos professores e alunos gerou discussões enriquecedoras, permitindo que os alunos do campus compreendessem melhor os problemas existentes e as estratégias para solucioná-los. Essa vivência contribuiu para o aprendizado prático dos estudantes e reforçou a importância do planejamento correto de brises para a criação de edificações mais eficientes e adequadas às condições climáticas. O trabalho também abre caminho para futuros desenvolvimentos,

aplicáveis a outros contextos, e reforça o papel da sala de aula como ferramenta de experimentação e ensino na arquitetura.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15215: Desempenho de edificações - Requisitos e critérios para projetos de sistemas de vedação vertical.** Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15220: Desempenho térmico de edificações – Parte 2 e 3**. Rio de Janeiro: ABNT, 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15575: Desempenho de edificações - Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4: Edificações habitacionais – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE**, Rio de Janeiro, 2021.

BARROS, Anésia. **Conforto Ambiental: Estratégias para o Projeto de Edificações**. São Paulo: Editora Pini, 2001.

GUIDALLI, Cláudia Rocha Rapuano. **Diretrizes para o projeto de salas de aula em universidades visando o bem-estar do usuário.** 2012. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Santa Catarina, 2017. Disponível em: http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/99392. Acesso em: 09 mai. 2025

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura.** Rio de Janeiro: Eletrobras, 2014. 366 p

ONU. (2015). **Transformando o nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Tradução para o português pelo Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil (UNIC Rio), última edição em 13 de outubro de 2015. Disponível em: https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf. Acesso em: 10 mai. 2025.

ROCHA, Nayara Freitas. **O edifício escolar como agente ativo nas pedagogias inovadoras: os**

elementos arquitetônicos na aplicação dos métodos de ensino. 2021. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade de Lisboa, Lisboa, 2021. Disponível em: http://hdl.handle.net/10451/57199. Acesso em: 09 mai. 2025.