

ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA MELHORIA DO DESEMPENHO TÉRMICO ENERGÉTICO DO PRÉDIO DE ENSINO DO IFMG - CAMPUS GOVERNADOR VALADARES

Vinicius Wilk Bezerra Rezende¹; Kyssilla Cristina Savelli Silva²; Marcella Mendes Pessoa Rodrigues³; Bruno Oliveira da Silva⁴; Carolyne Amélia Assis Ávila⁵

1 Vinicius Wilk Bezerra Rezende, Bolsista (IFMG), Engenharia Civil, IFMG Campus Governador Valadares, Governador Valadares – MG; vinicius.wilk13@gmail.com

2 Kyssilla Cristina Savelli Silva, Bolsista (IFMG), Engenharia Civil, IFMG Campus Governador Valadares, Governador Valadares – MG; kyssillasavelli@gmail.com

3 Marcella Mendes Pessoa Rodrigues, Engenharia Civil, IFMG Campus Governador Valadares, Governador Valadares – MG; marcellamendespeessoa@outlook.com

4 Co-orientador: Bruno Oliveira da Silva, Pesquisador do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG Campus X, Curvelo – MG; bruno.silva@cefetmg.br

5 Orientador: Carolyne Amélia Assis Ávila, Pesquisador do IFMG Campus Governador Valadares; carolyne.avila@ifmg.edu.br

RESUMO

A preocupação por engenheiros, arquitetos e demais profissionais da área da construção civil, relacionada com as questões de sustentabilidade da edificação, conforto térmico e desempenho energético, faz com que, cada vez mais, apareçam novos estudos que visam melhorar essas condições de forma sustentável e ecoeficiente. Esses estudos estão voltados para a utilização de novos materiais, detalhes arquitetônicos e técnicas construtivas que favoreçam a ventilação natural, a produção de energia solar e o reaproveitamento da água, reduzindo assim, a utilização de ventilação mecânica através do uso de ar condicionado, o alto consumo de energia elétrica e o desperdício de água. O grau de satisfação e o conforto térmico do usuário no ambiente se tornou um dos principais fatores a serem levados em conta no momento da construção, principalmente em cidades com elevadas temperaturas ao longo do ano. O Instituto Federal de Minas Gerais - *campus* Governador Valadares (IFMG-GV) conta com uma grande quantidade de alunos e professores, distribuídos em cursos técnicos, superiores e de pós-graduação. Estes fazem uso das salas no prédio de ensino ao longo do dia nos turnos matutino, vespertino e noturno. Este estudo se justifica pelo clima quente considerado na cidade de Governador Valadares, a quantidade de usuários que usufruem do prédio de ensino e a busca por melhor conforto térmico. O estudo objetivou realizar um diagnóstico das condições atuais de conforto térmico e desempenho energético das salas de aula no IFMG - GV, seguindo os parâmetros estabelecidos pela NBR 15.575 - Parte 1 que trata do desempenho das edificações. Para isso, a metodologia adotada foi: estudos bibliográficos acerca da temática; aprendizado dos *softwares SketchUp, OpenStudio e EnergyPlus*; análise de projetos e caracterização dos materiais utilizados na obra; simulações computacionais e análise dos resultados obtidos. Conforme resultados apresentados, concluiu-se que as salas de aula são as mais impactadas com a temperatura média do ambiente, ultrapassando cerca de 2°C da temperatura média indicada como referência da norma técnica para o espaço analisado. A simulação das condições reais e os dados obtidos possibilitaram a elaboração de uma proposta com duas alternativas (tinta refletiva e janela de correr) que poderão ser aplicadas e contribuirão com a melhoria da condição termo energética atual do prédio.

INTRODUÇÃO:

Atualmente, a busca por melhores condições de desempenho das edificações visando à satisfação dos usuários tem ganhado grande relevância e necessidade de novos estudos. Dentre essas condições, destaca-se o conforto térmico, especificamente em regiões com climas quentes. A preocupação em manter condições térmicas adequadas é fundamentada na necessidade de proporcionar aos usuários um ambiente que minimize quaisquer elementos que possam prejudicar sua satisfação.

Conforme Xavier (1999), o conforto térmico pode ser entendido como o reflexo do estado mental e bem-estar físico de satisfação com o ambiente que envolve o indivíduo. Assim, em busca de proporcionar um ambiente mais confortável termicamente, a forma comumente utilizada pela construção civil é a ventilação artificial que consiste no uso de ventiladores, climatizadores, condicionadores de ar, etc. No entanto, em alguns casos, a viabilidade dessas medidas pode ser limitada, especialmente levando em consideração o tamanho e a função da edificação, condicionando a necessidade de maior uso da ventilação natural. Isso se torna ainda mais

relevante uma vez que a arquitetura sustentável e a eficiência energética estão ganhando cada vez mais importância e reconhecimento na construção (BRUGNERA, 2018).

Neste contexto, de acordo com Celis, Pereira e Moreira (2020), a orientação geográfica, a topografia e as características climatológicas são elementos essenciais a serem considerados como pontos de partida na concepção de projetos de edificações. Além disso, os autores destacam algumas das alternativas que se mostram promissoras para aprimorar o desempenho termo energético dos edifícios, tais como a importância de proteger o edifício contra a incidência solar por meio de beirais prolongados, brises e do *design* das aberturas para facilitar a circulação dos ventos (CELIS, PEREIRA, MOREIRA, 2020).

No que diz respeito às Normas Brasileiras Regulamentadoras (NBR) relacionadas ao conforto térmico, destacam-se a norma NBR 15.575:2021 e a NBR 15.220:2005. A primeira estabelece diretrizes para a avaliação do desempenho das edificações, incluindo requisitos específicos para o desempenho térmico, enquanto a segunda abrange definições, parâmetros, zoneamentos dentre outros tópicos importantes para a análise do desempenho térmico. Com o objetivo de garantir condições térmicas adequadas para as atividades realizadas em edificações, esta norma estabeleceu três níveis de desempenho térmico: mínimo, intermediário e superior, sendo obrigatório o cumprimento do nível mínimo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021).

Além disso, a NBR 15.575:2021 apresenta dois métodos para a avaliação do desempenho térmico da edificação, o procedimento simplificado e a simulação computacional. A simulação se destaca por ser uma abordagem abrangente, permitindo a avaliação de todos os níveis de desempenho. Esse método consiste na comparação entre um modelo real do edifício e um modelo de referência, ambos representados virtualmente e simulados em um programa computacional apropriado (LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES, 2020).

Neste contexto, a presente pesquisa objetivou realizar um diagnóstico das condições atuais de desempenho termo energético do Prédio de Ensino do Instituto Federal de Minas Gerais, *campus* Governador Valadares (IFMG-GV), tendo em vista as prescrições constantes nas normas de referência, sobretudo na norma de desempenho - NBR 15.575:2021. Ademais, buscou-se avaliar medidas sustentáveis que visassem contribuir para a melhoria da condição atual de desempenho térmico para os ambientes internos do referido prédio.

Este estudo se justifica pelo fato de que o município de Governador Valadares, localizado no leste do estado de Minas Gerais, é conhecido por atingir altas temperaturas ao longo do ano, o que gera desconforto térmico durante grande parte do ano (PROJETEEE, 2019). Com isso, esta especificidade climática exige um maior cuidado pelos profissionais locais de arquitetura, engenharia e construção no que tange aos aspectos de conforto térmico e o desempenho energético das edificações, a fim de garantir ambientes internos mais agradáveis e eficientes.

Embora ainda não existam parâmetros normativos específicos para a avaliação do desempenho térmico em edifícios educacionais e requisitos para seus ambientes internos, de acordo com os manuais técnicos elaborados pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação - FNDE (2017), cuja principal função é promover o desenvolvimento da educação básica no país, essa avaliação pode-se basear na norma de desempenho para unidades habitacionais, ou seja, a NBR 15.575:2021.

METODOLOGIA:

Conforme metodologia utilizada o estudo se classifica como qualitativo de natureza aplicada, onde realizou-se um estudo de caso no prédio de ensino do IFMG-GV, localizado na avenida Minas Gerais, nº 5189, bairro Ouro Verde, Governador Valadares, Minas Gerais.

O estudo se desenvolveu em quatro etapas. A primeira etapa consistiu em uma pesquisa bibliográfica a respeito da temática de conforto térmico, juntamente com o estudo e aprendizado de *softwares* como *SketchUp*, *OpenStudio* e *Energyplus* que auxiliaram nas análises termo energéticas dos projetos. Na pesquisa bibliográfica foram realizadas consultas a normas técnicas como: NBR 15.575 - Parte 1 (Edificações habitacionais - Desempenho: Requisitos Gerais); NBR 15.220 - Parte 1 (Desempenho térmico de edificações - Definições símbolos e unidades) e NBR 16.401 - Parte 2 (Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários: Parâmetros de conforto térmico).

A segunda etapa caracterizou-se pela pesquisa documental, que consistiu na análise dos projetos arquitetônicos e memorial descritivo do prédio de ensino. Dessa forma, foi possível entender a concepção arquitetônica e identificar os materiais utilizados nas alvenarias, esquadrias e cobertura durante a execução da edificação e, com isso, entender melhor as características físicas e químicas destes elementos. Feito isso, realizou-se a terceira etapa, responsável pela modelagem do prédio. Nessa fase foram utilizados os *softwares SketchUp* para a modelagem 3D da edificação, *OpenStudio* para a caracterização dos materiais e parâmetros de projeto, analisados no modelo real e de referência.

Na quarta etapa, após concluídas as anteriores, deu-se sequência com as simulações energéticas no *software EnergyPlus*, do modelo real utilizando os parâmetros reais da edificação e do modelo de referência utilizando os parâmetros estabelecidos pela NBR 15.575:2021. Para a comparação dos modelos foi necessário o conhecimento de critérios apresentados pela norma, conforme descrito no Quadro 1. Além disso, para a análise proposta, foi necessária a inserção dos dados climáticos referentes à cidade de Governador Valadares, os quais foram obtidos no próprio *site* do *EnergyPlus*, em formato *ddy* e *epw*, referentes ao ano de 2022.

Quadro 1 – Critérios analisados nas simulações computacionais

CRITÉRIO ANALISADO	DEFINIÇÃO E OBJETIVO
Temperatura operativa anual máxima (To max)	Temperatura máxima atingida no ambiente ao longo de um ano, levando em consideração as condições climáticas locais. Tal critério possui como objetivo garantir que a temperatura de operação anual máxima esteja dentro dos limites estabelecidos pelas normas e diretrizes de desempenho, a fim de proporcionar ambientes internos confortáveis para as atividades desenvolvidas no edifício.
Percentual de horas de ocupação dentro da faixa de temperatura operativa na envoltória da unidade habitacional (PHFTuh)	Utilizado para avaliar o comportamento térmico de um edifício que estabelece uma faixa de temperatura de operação adequada para o conforto térmico dos ocupantes durante o período de ocupação do edifício. Garante que um percentual mínimo de horas de ocupação esteja dentro da faixa adequada, evitando tanto o desconforto térmico causado por temperaturas excessivamente altas ou baixas. Tal avaliação permite verificar se a envoltória do edifício está proporcionando um isolamento térmico adequado e contribuindo para o controle eficiente da temperatura interna ao longo do tempo de ocupação.

Fonte: Adaptado NBR 15.575 - Parte 1, 2021.

Finalizadas as simulações, os resultados foram interpretados para definição do diagnóstico da condição atual e classificação do desempenho termo energético do prédio em estudo. Por fim, foram apresentadas propostas alternativas em busca da melhoria da condição existente no local.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

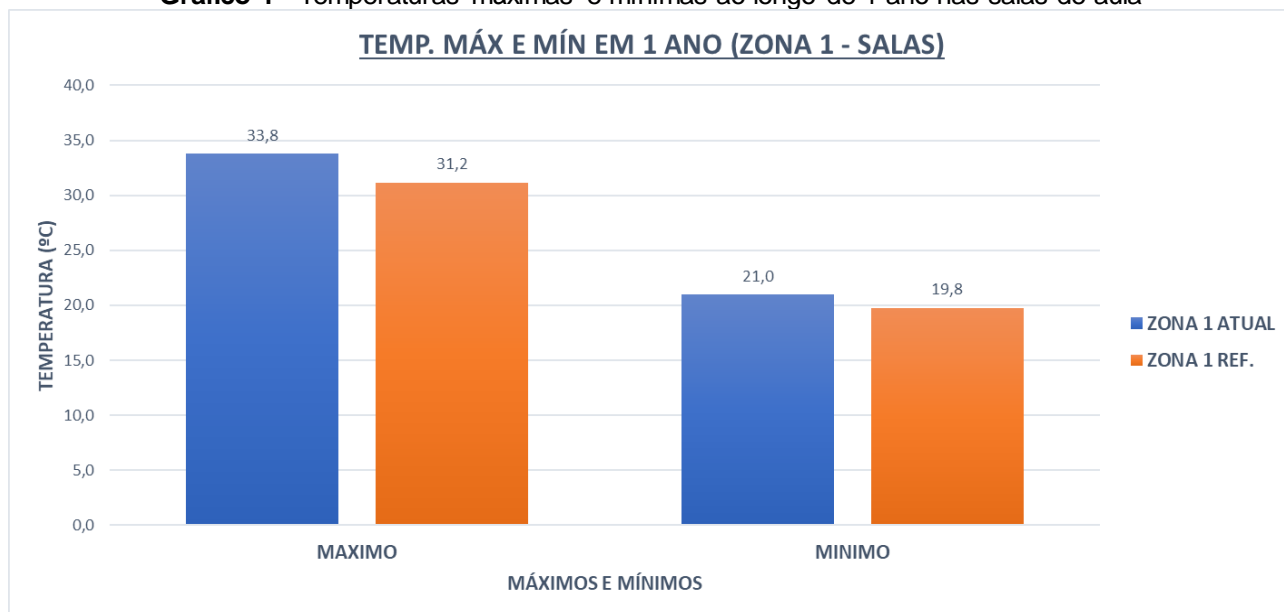
Com base nas modelagens realizadas, constatou-se que a temperatura máxima atual nas salas de aula do IFMG-GV excede em cerca de 2,5°C o limite estabelecido pelo modelo de referência, e a mínima fica aproximadamente 1,5°C acima do padrão conforme apresentado no Gráfico 1. Este resultado indica um ambiente mais desconfortável termicamente, e que as salas de aula estão mais quentes do que o considerado ideal para o conforto térmico dos ocupantes.

Além disso, é importante ressaltar que ao analisar todos os meses do ano, verificou-se que as temperaturas nas salas de aula do IFMG-GV se mantiveram constantemente acima dos valores esperados. Essa observação revela uma tendência de persistência de altas temperaturas ao longo de todo o ano, conforme mostrado no Gráfico 2. Esse padrão contínuo de temperaturas elevadas destaca a necessidade de ações corretivas para lidar com o desafio do termo energético, visando proporcionar um ambiente mais confortável e adequado para os discentes e docentes da instituição.

Observou-se que as maiores temperaturas nas salas de aula do IFMG - GV ocorrem por volta das 16h às 17h, considerando para análise o período de 24 horas, conforme apresentado no Gráfico 3. Essa tendência

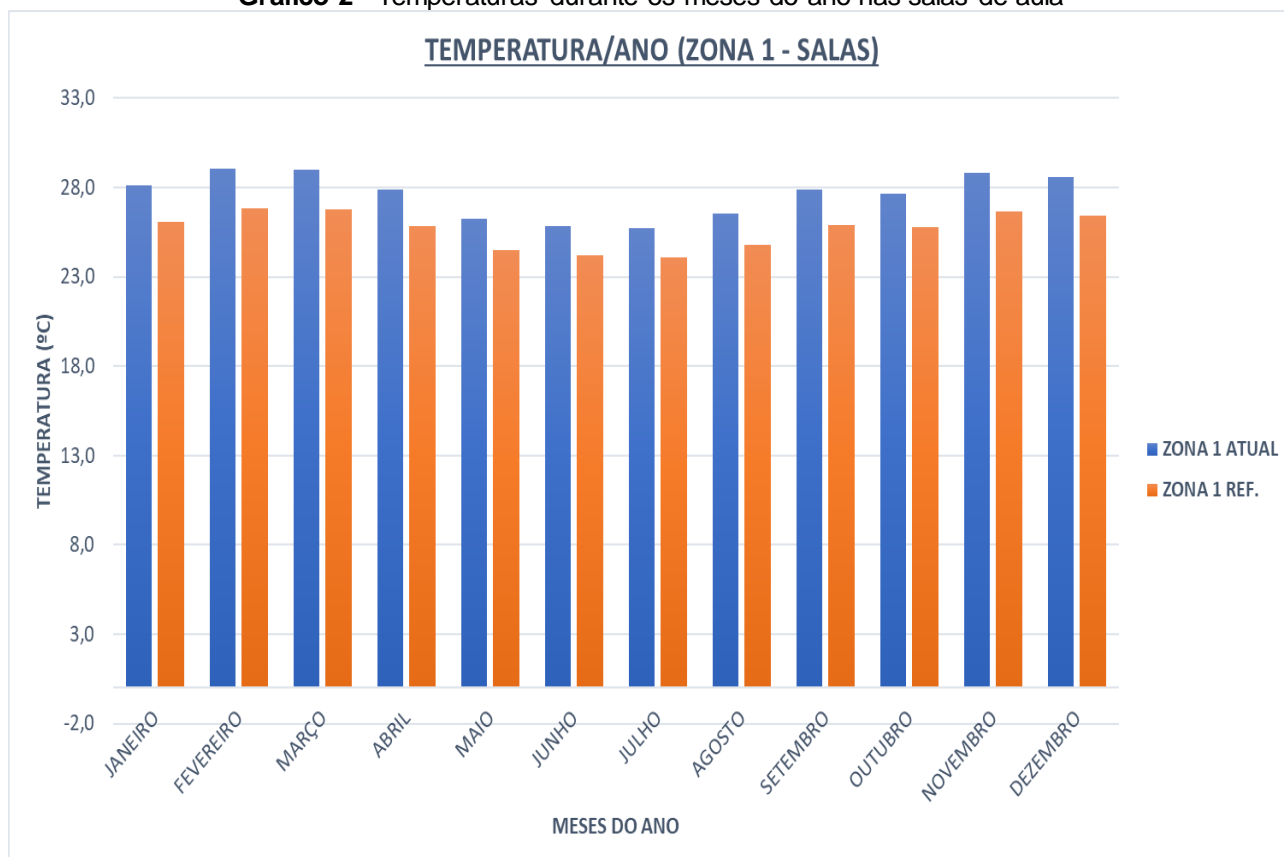
pode ser atribuída a alguns fatores relacionados às condições climáticas e ao comportamento solar durante esse período. Neste período do dia, de acordo com a análise dos resultados obtidos, a quantidade de energia solar incidente sobre as edificações é maior, contribuindo para o aquecimento das superfícies externas, incluindo as paredes e o telhado das salas de aula.

Gráfico 1 - Temperaturas máximas e mínimas ao longo de 1 ano nas salas de aula



Fonte: Autores, 2023.

Gráfico 2 - Temperaturas durante os meses do ano nas salas de aula

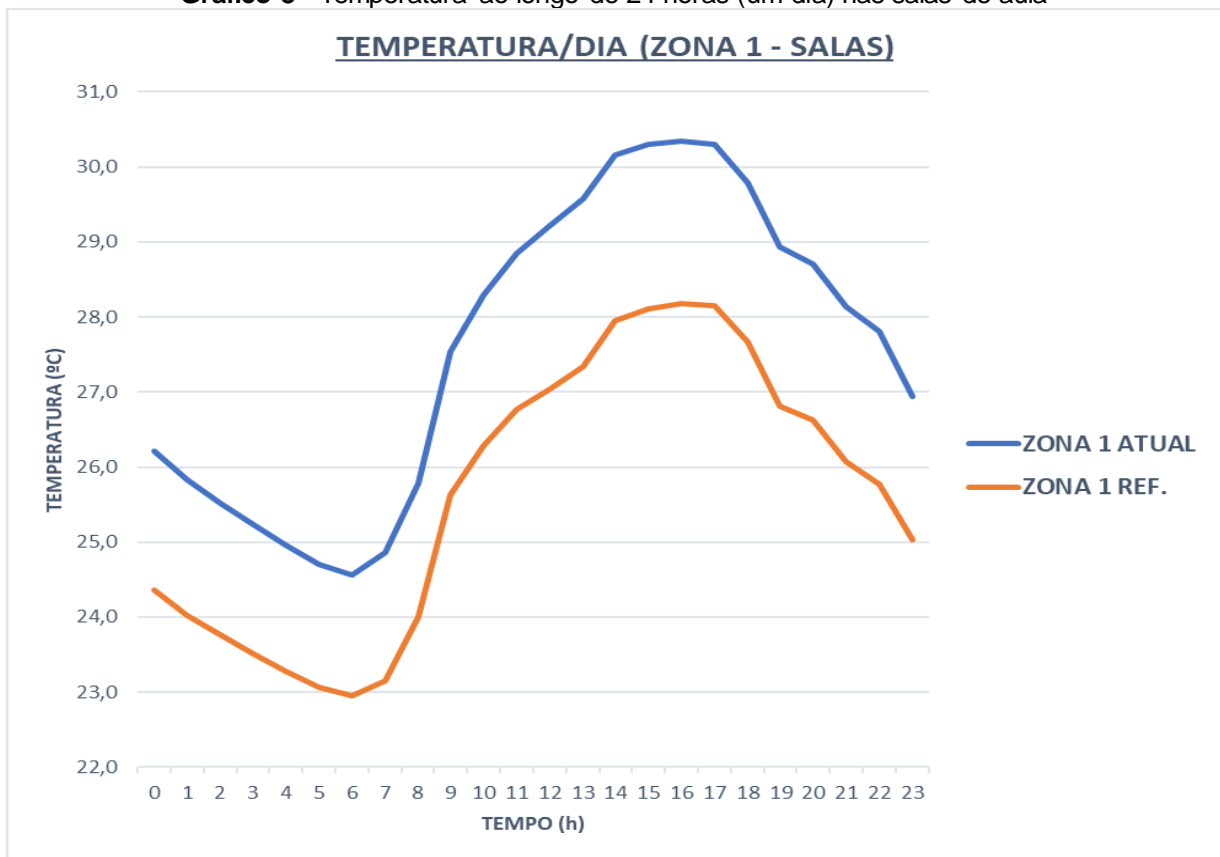


Fonte: Autores, 2023.

Essas superfícies aquecidas durante o dia atuam como fonte de calor radiante, irradiando calor para o interior das salas de aula. Esse processo pode culminar em um aumento gradual da temperatura interna e, dependendo dos materiais de construção e da capacidade de armazenamento térmico das salas, o calor acumulado no dia pode ser retido por um período mais longo, prolongando a sensação de calor no final da tarde e noite.

Considera-se que existem várias possíveis causas para essa extrapolação das temperaturas nas salas de aula do IFMG - GV. Entre elas, destacam-se a exposição solar excessiva, concepção arquitetônica, ineficiência do sistema construtivo com relação à insolação, deficiências no isolamento térmico das paredes e janelas, e ineficiência do sistema de ventilação natural. Além disso, fatores externos, como o clima local e as mudanças nas características do entorno da instituição, podem influenciar nas temperaturas internas.

Gráfico 3 - Temperatura ao longo de 24 horas (um dia) nas salas de aula



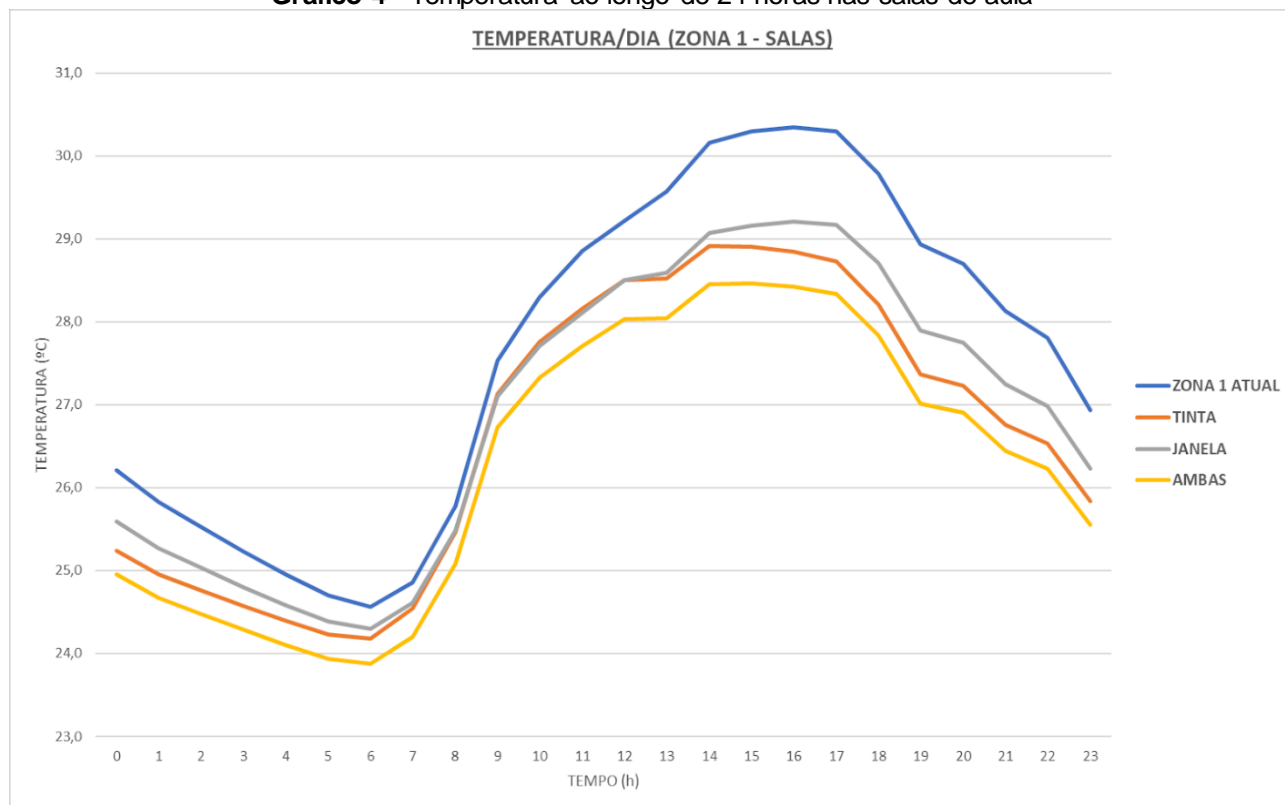
Fonte: Autores, 2023.

Neste sentido, de acordo com os resultados apresentados neste estudo, pode-se inferir que o prédio de ensino do IFMG - GV não atende os requisitos mínimos de conforto térmico especificados pela NBR 15.575 - Parte 1:2021. Por esse motivo, propõe-se duas soluções que visam minimizar o impacto térmico nas salas de aula: o uso da tinta refletiva e a substituição das janelas basculantes por janelas de correr com esquadrias metálicas e folha de vidro.

Para verificar a eficácia dessas soluções, realizou-se simulações adotando as medidas propostas. De acordo com o apresentado no Gráfico 4, é possível observar o comportamento da temperatura na sala de aula ao longo de 24 horas com a aplicação da tinta refletiva e substituição das janelas. Percebe-se que cada alternativa possibilita uma redução nessa temperatura. Todavia, o uso das duas alternativas (identificado como “ambas” no gráfico) contribui ainda mais com a diminuição da temperatura das salas, indo de 30,3°C (temperatura máxima atingida na condição atual) para 28,2°C (temperatura máxima atingida com o uso conjunto das soluções propostas), representando uma redução significativa de 2,1°C.

Entretanto, é importante ressaltar que, ainda com as duas alternativas, o critério de desempenho mínimo verificado através do percentual de horas de ocupação do edifício dentro da faixa de temperatura operativa ainda não é atendido. Apenas o critério da Temperatura Operativa Anual Máxima Real ($T_{o\text{ máx}}\text{ REAL}$) é atendido.

Gráfico 4 - Temperatura ao longo de 24 horas nas salas de aula



Fonte: Autores, 2023.

CONCLUSÕES:

Entende-se que a temperatura de um determinado ambiente interfere no grau de satisfação e, conseqüentemente, na maneira que o indivíduo se comporta naquele espaço. Nesse contexto, pode-se afirmar que o valor excedido das temperaturas máximas e mínimas estabelecidas podem ter conseqüências significativas. Altas temperaturas podem levar à sensação de desconforto, fadiga e redução da capacidade de concentração, enquanto baixas temperaturas podem causar desconforto físico e dificuldade na manutenção da atenção (CAMARGO, FURLAN, 2011).

Diante do estudo apresentado, pode-se concluir que o prédio de ensino do IFMG - GV não atende os requisitos mínimos de conforto térmico especificados pela NBR 15.575 - Parte 1:2021. Por esse motivo foram propostas as soluções da tinta refletiva e da janela de correr com esquadria metálica. Entretanto, percebe-se que mesmo com as duas alternativas, ainda não se obtêm o valor considerado ideal para o conforto térmico das salas do prédio.

Com isso, espera-se que essa pesquisa sirva como referencial para novos estudos a respeito da temática do desempenho das edificações, principalmente no que se refere à termo energético. Espera-se também que o diagnóstico obtido possa guiar os futuros projetos arquitetônicos a serem desenvolvidos no IFMG - GV, visando garantir um maior conforto térmico para discentes e docentes, sem recorrer ao uso da ventilação forçada, promovendo uma economia energética na instituição, assim como demais projetos e edificações inseridas no contexto da cidade de Governador Valadares. Considera-se que a abordagem consciente dos recursos energéticos é fundamental para promoção da responsabilidade ambiental, além de contribuir para a redução dos custos energéticos e o uso mais eficiente dos recursos disponíveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.575-1: **Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos Gerais**. Rio de Janeiro, p. 11. 2021.

BRUGNERA, Rosilene Regolão. **Análise integrada de desempenho energético, impacto ambiental e custo: Estudo de soluções de fachadas para edifícios de escritórios no Brasil**. Tese (Doutorado Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

CAMARGO, Maristela Gomes de; FURLAN, Maria Montserrat Diaz Pedrosa. **Resposta fisiológica do corpo às temperaturas elevadas: exercício, extremos de temperatura**. Revista Saúde e Pesquisa, v. 4, n. 2, p. 278-288, 2011.

CELIS, Anneli Maricielo Cárdenas; PEREIRA, João Vítor Vieira; MOREIRA, Matheus Ferreira. **Guia de Estratégias Bioclimáticas para Projetos Arquitetônicos no Clima Quente e Úmido**. In: ENCONTRO DE SUSTENTABILIDADE EM PROJETO (ENSUS), n. 8, 2020. Anais. Palhoça, 2020, p. 223 – 233.

FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO. **Manual de Orientação Técnica – Volume 02 – Elaboração de Projetos de Edificações Escolares**. Brasília, 2017.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES - LABEEE. NBR 15575-2021 - **Desempenho térmico**. Santa Catarina, 2020. Disponível em <https://labeee.ufsc.br/NBR15575-2020>, Acesso em 16 dez. 2022.

PROJETEE, **Projetando Edificações Energeticamente Eficiente. Dados climáticos das cidades brasileiras**. Brasília, 2019. Disponível em: http://www.mme.gov.br/projetee/estrategias-bioclimaticas/?cidade=MG+-+Governador+Valadares&id_cidade=bra_mg_governador.valadares.835430_inmet. Acesso em 16 dez de 2022.

XAVIER, AA de P. **Condições de conforto térmico para estudantes de 2º grau na região de Florianópolis**. Florianópolis, Dissertação de mestrado, CPGEC da UFSC, 1999.