

AUDITORIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS PÚBLICOS PELO MÉTODO DESCRITIVO SEGUNDO A ISO 50.002

ENERGY AUDIT IN PUBLIC BUILDINGS USING THE DESCRIPTIVE METHOD ACCORDING TO ISO 50.002

Sérgio Costa Martins de Alencar¹
Daremberg Marques Carvalho Junior²
Carlos Gabriel Rocha Prado³
Lucas Lopes de Lima⁴

RESUMO: A transição energética e a redução das emissões de carbono são pilares essenciais no enfrentamento das mudanças climáticas globais. Nesse contexto, os edifícios públicos, devido ao seu elevado consumo energético, têm papel relevante nas emissões de gases de efeito estufa. Este trabalho propõe a realização de uma auditoria energética no Instituto Federal do Amazonas – Campus Manaus Distrito Industrial (IFAM/CMDI), com base na norma ISO 50.002, visando à eficiência energética e à viabilidade de transformar a edificação em um Edifício Energia Zero (ZEB). A iniciativa busca identificar desperdícios, propor soluções sustentáveis e promover a inovação na gestão energética institucional. Além de contribuir para as metas de sustentabilidade do IFAM, o projeto visa servir como modelo replicável para outras instituições públicas, fortalecendo o vínculo entre prática educacional e os desafios contemporâneos da descarbonização.

5163

Palavras-Chave: Transição energética. Auditoria. Edifícios Energia Zero.

ABSTRACT: The energy transition and the reduction of carbon emissions are essential pillars in tackling global climate change. In this context, public buildings, due to their high energy consumption, play a significant role in greenhouse gas emissions. This work proposes conducting an energy audit at the Federal Institute of Amazonas – Manaus Industrial District Campus (IFAM/CMDI), based on the ISO 50.002 standard, aiming at energy efficiency and the feasibility of transforming the building into a Zero Energy Building (ZEB). The initiative seeks to identify waste, propose sustainable solutions, and promote innovation in institutional energy management. In addition to contributing to IFAM's sustainability goals, the project aims to serve as a replicable model for other public institutions, strengthening the link between educational practice and the contemporary challenges of decarbonization.

Keywords: Energy transition. Audit. Zero Energy Buildings.

¹Mestre em Engenharia Elétrica; Professor EBT, Instituto Federal do Amazonas campus Manaus Distrito Industrial.

²Estudante, Curso Técnico de Nível Médio Subsequente em Eletrônica Industrial, Instituto Federal do Amazonas campus Manaus Distrito Industrial.

³Estudante, Curso Técnico de Nível Médio Subsequente em Eletrônica Industrial, Instituto Federal do Amazonas campus Manaus Distrito Industrial.

⁴Estudante, Curso Técnico de Nível Médio Subsequente em Eletrônica Industrial, Instituto Federal do Amazonas campus Manaus Distrito Industrial.

INTRODUÇÃO

A transição energética e a redução das emissões de carbono são pilares fundamentais no enfrentamento das mudanças climáticas globais. Nesse cenário, os edifícios públicos, em razão de seu elevado consumo energético, desempenham um papel significativo nas emissões de gases de efeito estufa (GEE). A realização de auditorias energéticas, seguindo normas internacionais, permite identificar desperdícios e oportunidades de eficiência energética, contribuindo para a mitigação dessas emissões. A literatura, por sua vez, tem mostrado que a aplicação de auditorias e retrofit energético com base em critérios rigorosos conduz a reduções expressivas no consumo e potencial para atingir o status de Edifício de Energia Zero (ZEB). Edifícios públicos submetidos ao processo de certificação ZEB, observando melhorias técnicas significativas na envoltória do edifício, gestão energética e geração renovável, atingiram elevados índices de independência energética (Lee; Kim; Kim, 2023).

Nesse viés, este trabalho propõe a realização de uma auditoria energética no Instituto Federal do Amazonas – Campus Manaus Distrito Industrial (IFAM/CMDI), baseada na norma ISO 50002, com o objetivo de promover eficiência energética e avaliar a viabilidade de transformar a edificação em um Edifício Energia Zero (ZEB). A iniciativa buscou identificar desperdícios, propor soluções sustentáveis e fomentar a inovação na gestão energética institucional.

5164

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Transição Energética

A transição energética é um processo global que busca substituir fontes de energia poluentes por alternativas mais limpas e sustentáveis (ANEEL, 2025). Esse movimento está diretamente relacionado ao combate às mudanças climáticas e à redução das emissões de gases como CO₂ (Geweda *et al.*, 2025). A adoção de fontes renováveis, como solar e eólica, é essencial para mitigar os impactos ambientais associados às fontes não-renováveis. No entanto, a dependência persistente de combustíveis fósseis continua sendo um obstáculo significativo, complicando a remoção dessas fontes energéticas (Ide, 2020). Paralelamente, a eficiência energética nas edificações emerge como estratégia essencial nessa transição. Ao diminuir a demanda energética, independentemente da matriz utilizada, edificações eficientes contribuem para o uso racional dos recursos, reduzindo a necessidade de geração adicional e fortalecendo a sustentabilidade do sistema energético. Nesta perspectiva, a literatura mostra que a combinação

de medidas de eficiência com a incorporação de fontes renováveis é fundamental para alcançar edifícios com energia zero (NZEBs) ou zero carbono (NZCBs). A requalificação de edifícios acadêmicos através de retrofit das instalações elétricas e elementos de consumo somado a integração de sistemas solares pode reduzir o consumo energético em cerca de 66%, com retorno do investimento do sistema solar reduzido a 2,3 anos devido às medidas de eficiência energética. Representa ainda a redução de aproximadamente 32,8 toneladas de CO₂ por ano (Razzaq *et al.*, 2023). Resultado corroborado por levantamento bibliométrico global recente que enfatiza a trajetória de “Eficiência Energética para Neutralidade de Carbono” no estoque edificatório, consolidando o papel central da conservação de energia e redução de emissões no setor de construção (Liu *et al.*, 2025).

Edifícios Energia Zero

A busca por edificações sustentáveis tem levado ao desenvolvimento de conceitos como os edifícios de energia zero (Net Zero Energy Buildings – nZEBs) e os edifícios carbono zero (Net Zero Carbon Buildings – nZCBs). Os nZEBs têm como objetivo produzir, ao longo de um ano, a mesma quantidade de energia que consomem, geralmente por meio da combinação de estratégias de eficiência energética com geração renovável distribuída, como a solar fotovoltaica. Já os nZCBs vão além dessa perspectiva operacional, ao considerar não apenas a energia consumida no uso do edifício, mas também as emissões de gases de efeito estufa (GEE) associadas a todas as etapas do ciclo de vida, incluindo construção, transporte de materiais, manutenção e eventual demolição (Lou; Hsieh, 2024; Myint *et al.*, 2025). Alcançar um nZCB é quase intangível para edificações pré-existentes dada as limitações técnicas e econômicas, pois requer a integração entre eficiência energética, geração renovável, metodologias robustas de Avaliação do Ciclo de Vida (LCA) e a aplicação de princípios da economia circular no setor da construção, que já nascem na fase de concepção do projeto. Contudo, auditorias energéticas para diagnóstico das ineficiências e aplicação de medidas de eficiência energética nessas edificações constituem pontos de partida para a transição em direção a outros modelos mais sustentáveis. Estudos aplicados a edifícios existentes mostram que auditorias energéticas e retrofits em edificações públicas podem reduzir significativamente o consumo energético e as emissões associadas, tornando esses edifícios mais próximos ao conceito de nZEB (Papadakis; Katsaprakakis, 2023).

Auditoria Energética

As auditorias energéticas desempenham um papel central na identificação de ineficiências e na proposição de planos de retrofit, especialmente em edifícios públicos. Nesse contexto, auditorias sistemáticas, alinhadas a normas internacionais, como a ISO 50002 – Energy audits — Requirements with guidance for use (ISO, 2014), e a ISO 50001 - Energy management systems — Requirements with guidance for use (ISO, 2018), constituem instrumentos fundamentais para identificar desperdícios, propor medidas de eficiência e orientar planos de ação. A norma ISO 50002-1, define os requisitos gerais e fornece orientações para a realização de auditorias energéticas, aplicáveis a qualquer organização, independentemente de seu tamanho, setor ou localização. A norma enfatiza a importância de uma metodologia estruturada para avaliar o uso de energia e identificar oportunidades de melhoria no desempenho energético em edifícios, processos, sistemas e transporte. Ela estabelece um processo de auditoria em três níveis: auditoria de nível 1 (inspeção preliminar), nível 2 (análise detalhada) e nível 3 (análise abrangente de engenharia), permitindo uma abordagem escalonada conforme as necessidades da organização. Complementarmente, a ISO 50002-2 fornece diretrizes específicas para a condução de auditorias energéticas em edificações, como aspectos sobre sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC), iluminação, sistemas de água quente e sanitária, automação predial e geração de energia renovável no local.

5166

METODOLOGIA

A metodologia foi estruturada como pesquisa-ação pedagógica, ancorada na Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) e organizada como estudo de caso aplicado a um edifício público de ensino, como apresentado na Figura 1. Na pesquisa-ação pedagógica, docentes, discentes e comunidade envolvem-se em ciclos sucessivos de diagnóstico, planejamento, ação e reflexão, com o objetivo de produzir simultaneamente conhecimento e transformação concreta do contexto investigado, o que a torna especialmente adequada a projetos de extensão que articulam formação profissional, inovação pedagógica e intervenção social (Crawford, 2025). Nesse enquadramento, o edifício selecionado funciona como “laboratório real” onde os estudantes investigam problemas autênticos de consumo de energia, propõem soluções e acompanham os resultados, em consonância com abordagens

contemporâneas que defendem a pesquisa-ação como estratégia para fortalecer a profissionalização docente e o protagonismo discente em contextos complexos (Liberato, 2023).



Figura 1 – Metodologia adotada no projeto (Fonte: Os autores, 2025).

A ABP foi adotada como eixo didático para organizar as experiências dos bolsistas em torno de um problema central: como reduzir o consumo de energia elétrica e as emissões de CO₂ associadas em um bloco de salas de aula, laboratórios e ambientes administrativos, mantendo condições adequadas de conforto e uso pedagógico. Nessa abordagem, problemas reais e abertos são utilizados como ponto de partida para a aprendizagem, favorecendo o desenvolvimento de competências como pensamento crítico, resolução de problemas, trabalho em equipe e tomada de decisão em situações autênticas (Nicholus; Muwonge; Joseph, 2023). Estudos recentes indicam que a ABP é particularmente adequada para contextos de educação em sustentabilidade e engenharias, ao articular conhecimentos técnicos com desafios socioambientais concretos e alinhados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (d’Escoffier; Guerra; Braga, 2024; Cong; Ironsi, 2025), o que converge diretamente com o propósito deste projeto de extensão voltado à eficiência energética em edificações educacionais.

Operacionalmente, o projeto foi desenvolvido ao longo de quatro meses, entre julho e novembro de 2025, percorrendo ciclos de pesquisa-ação que incluíram: definição participativa da equipe e dos papéis, elaboração do cronograma, levantamento de dados de consumo e de características físicas e operacionais do edifício (Figura 2), realização da auditoria energética, priorização de oportunidades de melhoria, elaboração do plano de ação e implementação de atividades de sensibilização e devolutiva para a comunidade.



Figura 2 – Levantamento de dados em campo (Fonte: Os autores, 2025).

Conforme ilustrado na Figura 3, o ciclo de realização da auditoria energética seguiu as etapas recomendadas pela ISO 50002: (i) definição de escopo e limites da auditoria; (ii) coleta e validação de dados; (iii) análise de desempenho energético; (iv) identificação de oportunidades de melhoria; e (v) consolidação de resultados e recomendações em relatório. O escopo considerou o sistema elétrico interno do Bloco C, com foco em três usos finais: condicionadores de ar (piso-teto e hi-wall inverter), iluminação e tomadas/equipamentos de escritório. Os limites físicos corresponderam a todas as cargas conectadas ao sistema de distribuição interno do bloco, e os limites organizacionais foram delimitados ao IFAM-CMDI, sem incluir outros edifícios do campus.



Figura 3 – Ciclo de realização da auditoria energética (Fonte: Os autores, 2025).

As informações foram sistematizadas em planilhas específicas da Rede de Aprendizagem em Eficiência Energética e Geração Distribuída em Edifícios Públicos (RedEE, 2025), organizadas por uso final (ar-condicionado, iluminação, tomadas) e por ambiente (salas de aula, laboratórios, áreas administrativas e apoio). Nessas planilhas, foram inseridos dados de potência instalada, número de equipamentos, horas anuais de uso em horário de ponta e fora de ponta, fatores de utilização, simultaneidade e tarifas de consumo e demanda. Os cálculos automáticos permitiram estimar consumos anuais em kWh, demandas em kW, custos anuais de energia e emissões associadas, tomando como referência o fator médio de emissão de eletricidade do Sistema Interligado Nacional (SIN) em 2023 (SIN, 2024).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A auditoria energética do Bloco C resultou, como mostrado na Figura 4, na caracterização detalhada do desempenho energético da edificação. O consumo anual total estimado foi de aproximadamente 181.522 kWh/ano ($\approx 181,5$ MWh/ano). Do ponto de vista econômico, ainda que a classe tarifária real do campus seja A4 (tarifa Azul/Verde), a utilização da tarifa residencial B1 convencional da Amazonas Energia em 2025, de R\$ 0,707/kWh, como referência simplificada, permitiu ilustrar a ordem de grandeza do dispêndio: um custo anual estimado da ordem de R\$ 128.335,34, o que evidencia a relevância econômica na conta de energia para o campus. Como informado, este valor é ilustrativo e não considera a tarifação binômia real de consumidores da classe A, bem como a contribuição da cogeração fotovoltaica existente no bloco. As emissões anuais de CO₂ associadas ao consumo elétrico foram estimadas em cerca de 6,99 tCO₂/ano.

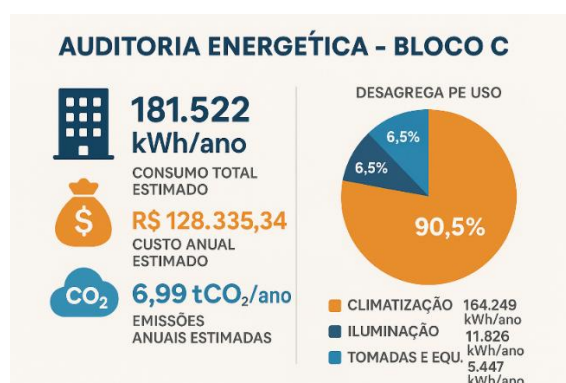


Figura 4 – Resultados da auditoria energética (Fonte: Os autores, 2025).

A desagregação por uso final revelou a forte predominância dos sistemas de climatização: o ar-condicionado respondeu por cerca de 164.249 kWh/ano, o que corresponde a 90,5% do consumo total, e por aproximadamente 90,4% do custo anual de energia estimado do Bloco C. A iluminação representou cerca de 11.826 kWh/ano (aproximadamente 6,5% do consumo), enquanto tomadas e equipamentos de escritório somaram 5.447 kWh/ano (3,0% do consumo total). Em termos de emissões, cerca de 6,3 tCO₂/ano foram atribuídas ao uso de condicionadores de ar, reforçando seu papel central na pegada de carbono da edificação.

Esses resultados confirmam que, em edificações educacionais em regiões de clima quente e úmido, como Manaus, a climatização artificial tende a ser a principal responsável pelo consumo de energia. Do ponto de vista da extensão tecnológica, a leitura crítica desses dados foi trabalhada com os bolsistas e com a comunidade, contribuindo para a compreensão de que

ações de transição energética em edifícios públicos precisam priorizar a gestão de condicionadores de ar, sem descuidar de oportunidades em iluminação e tomadas.

Elaboração do plano de ação para eficiência energética e descarbonização

Com base na auditoria, foi elaborado um plano de ação estruturado em linhas de intervenção e priorização de medidas. Para o ar-condicionado, destacaram-se como recomendações prioritárias: (a) revisão de setpoints de temperatura para faixas de conforto adequadas; (b) gestão de horários de funcionamento, com desligamento em períodos de desocupação; (c) fortalecimento da manutenção preventiva; e (d) planejamento da substituição gradual de equipamentos antigos por modelos inverter de alta eficiência.

Na iluminação, as medidas propostas incluíram a conversão progressiva para tecnologia LED de alto rendimento, a instalação de sensores de presença em áreas de circulação e sanitários, e a setorização de circuitos para permitir o desligamento parcial de luminárias em ambientes com menor ocupação ou com boa iluminação natural. Para tomadas e equipamentos de escritório, foram sugeridas ações de gestão de TI (perfis de economia de energia, uso de notebooks), redução de consumos em standby e uso de régua com interruptor e tomadas inteligentes, combinadas com campanhas de sensibilização interna.

5170

Em termos de potencial de economia, a equipe estimou qualitativamente que a adoção coordenada dessas medidas poderia resultar em reduções da ordem de 10–20% no consumo de ar-condicionado, 30–50% na iluminação e 5–10% em tomadas, conduzindo a uma economia global de aproximadamente 10–15% no consumo total de energia e nas emissões correspondentes em um cenário conservador (Jørgensen; Ma, 2025), conforme ilustrado na Figura 5.

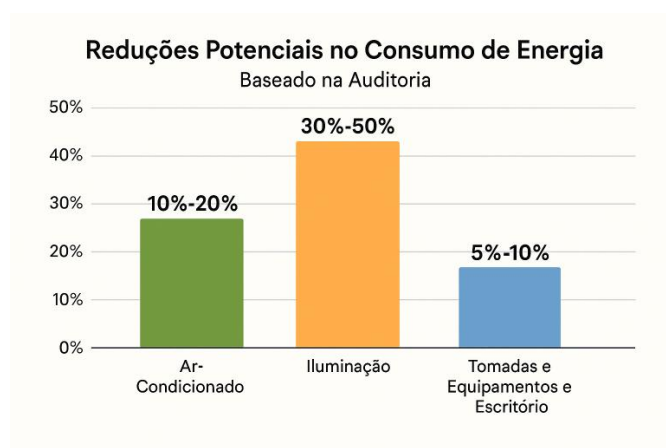


Figura 4 – Resultados da auditoria energética (Fonte: Os autores, 2025).

Produção de materiais didáticos e difusão científica

Uma dimensão central do projeto foi a produção de material bibliográfico em mídia digital sobre conceitos técnicos e medidas relacionadas à transição energética, eficiência energética, auditorias em edifícios públicos e redução de emissões de carbono. Esse material foi concebido com linguagem acessível, ilustrações e exemplos práticos, buscando aproximar conteúdos técnicos de estudantes do ensino médio técnico, servidores do campus e público externo. Idealizado para ser ofertado em portal web da instituição, estimou-se alcançar até 5.000 downloads ao longo de dois anos. Além da produção escrita, a equipe participou da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia de 2025 com uma palestra e um pôster, ambos voltados a apresentar o diagnóstico energético do Bloco C, o conceito de edifício carbono zero e as principais recomendações do plano de ação. Essas atividades de difusão permitiram testar a clareza da comunicação, ajustar a abordagem com base no retorno do público e ampliar a visibilidade do projeto dentro e fora do IFAM.

Formação dos bolsistas e impactos na comunidade acadêmica

Do ponto de vista formativo, o projeto proporcionou ao bolsista uma experiência completa de participação em todas as fases de um projeto de extensão tecnológica: concepção, planejamento, trabalho de campo, análise de dados, elaboração de relatórios, produção de materiais de divulgação e apresentação pública de resultados. Os estudantes relataram amadurecimento técnico e pessoal, destacando o aprendizado em eficiência energética, sustentabilidade, organização de atividades, interação com diferentes setores do campus e enfrentamento de desafios administrativos, como limitações de tempo e necessidade de autorizações para acesso a ambientes. Na avaliação do orientador, os bolsistas evoluíram significativamente em competências técnicas relacionadas à transição energética, auditoria energética e emissões de carbono equivalente, bem como em habilidades transversais de comunicação, registro e sistematização de informações, trabalho em equipe e visão sistêmica em sustentabilidade. A experiência indicou que projetos de auditoria energética em edifícios públicos podem ser espaços privilegiados de aprendizagem ativa para estudantes da educação profissional e tecnológica, ao mesmo tempo em que geram produtos concretos para a instituição, como relatórios, planos de ação e materiais didáticos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ação relatada demonstrou que é possível articular, em um mesmo projeto, objetivos técnicos de diagnóstico energético e planejamento de medidas de eficiência com objetivos formativos e de sensibilização socioambiental. A auditoria energética do Bloco C, conduzida segundo a ISO 50002, permitiu quantificar consumos, custos e emissões de CO₂ associados ao uso de energia elétrica, evidenciando o peso dos sistemas de ar-condicionado no desempenho energético da edificação e apontando caminhos claros para a priorização de ações de transição energética. Os resultados incluem um relatório de auditoria energética, um plano de ação com medidas de curto e médio prazo, material digital de divulgação e apresentações em evento científico, configurando um conjunto de produtos compatível com a proposta de um projeto de extensão tecnológica orientado à transformação de edifícios públicos em espaços de baixo carbono. Do ponto de vista educacional, o projeto contribuiu para a formação de bolsistas de nível médio técnico, que puderam vivenciar o ciclo completo de um projeto real, fortalecer competências técnicas e socioemocionais e se aproximar da prática profissional na área de energia. Entre as limitações identificadas, destacam-se o tempo restrito para execução simultânea das atividades de extensão e das demandas acadêmicas regulares, as dificuldades logísticas para acesso a determinados ambientes e dados e a necessidade de maior envolvimento de alguns setores da instituição no processo de implementação das recomendações. Ainda assim, o projeto consolidou uma base metodológica e de dados que poderá orientar futuras intervenções, incluindo estudos de viabilidade econômico-financeira das medidas propostas, implantação gradual das ações recomendadas, monitoramento de indicadores de desempenho energético ao longo do tempo e expansão da abordagem de “edifício carbono zero” para outros blocos e campi do IFAM.

5172

REFERÊNCIAS

- ANEEL. A transição energética no Brasil. [S. l.], 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/transicao-energetica/a-transicao-energetica-no-brasil>. Acesso em: 25 ago. 2025.
- CONG, Lin; IRONSI, Chinaza Solomon. Integrating mobile learning and problem-based learning in improving students action competence in problem-solving and critical thinking skills. *Humanities and Social Sciences Communications*, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 1238, 2025.
- CRAWFORD, Renée. Responding to the De-Professionalisation of Teaching: Empowering Teachers to Enhance Their Pedagogy Through Action Research. *Education Sciences*, [s. l.], v. 15, n. 3, p. 274, 2025.

D'ESCOFFIER, Luiz Ney; GUERRA, Aida; BRAGA, Marco. Problem-Based Learning and Engineering Education for Sustainability: Where we are and where could we go?. *Journal of Problem Based Learning in Higher Education*, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 18–45, 2024.

GEWEDA, A. E. et al. Mitigating CO₂ emissions: A review on emerging technologies/strategies for CO₂ capture. *Journal of the Energy Institute*, [s. l.], v. 118, p. 101911, 2025.

IDE, Tobias. Recession and fossil fuel dependence undermine climate policy commitments. *Environmental Research Communications*, [s. l.], v. 2, n. 10, p. 101002, 2020.

ISO. ISO 50001:2018 - Energy management systems. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/69426.html>. Acesso em: 13 nov. 2025.

ISO. ISO 50002-1:2025. [S. l.], 2014. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/83645.html>. Acesso em: 13 nov. 2025.

JØRGENSEN, Bo Nørregaard; MA, Zheng. Energy Efficiency and Decarbonization Strategies in Buildings: A Review of Technologies, Policies, and Future Directions. *Applied Sciences*, [s. l.], v. 15, n. 21, p. 11660, 2025.

LEE, Duhwan; KIM, Jaemoon; KIM, Young Il. Economic Evaluation of Small Public Office Buildings with Class 1 of Zero Energy Building (ZEB) in Korea by Reflecting Life Cycle Assessment (LCA). *Buildings*, [s. l.], v. 13, n. 7, p. 1693, 2023.

LIBERATO, Lucas Palacios. Pedagogical Practice as the Basic Nucleus of Research, Innovation and Professional Skills. [S. l.]: Open Science Framework, 2023. Disponível em: <https://osf.io/b3drp>. Acesso em: 13 nov. 2025. 5173

LIU, Junhong et al. From Energy Efficiency to Carbon Neutrality: A Global Bibliometric Review of Energy Conservation and Emission Reduction in Building Stock. *Buildings*, [s. l.], v. 15, n. 12, p. 2051, 2025.

LOU, Hoi-Lam; HSIEH, Shang-Hsien. Towards Zero: A Review on Strategies in Achieving Net-Zero-Energy and Net-Zero-Carbon Buildings. *Sustainability*, [s. l.], v. 16, n. 11, p. 4735, 2024.

MYINT, Nwe Ni et al. Net zero carbon buildings: A review on recent advances, knowledge gaps and research directions. *Case Studies in Construction Materials*, [s. l.], v. 22, p. e04200, 2025.

NICHOLUS, Gumisirizah; MUWONGE, Charles Magoba; JOSEPH, Nzabahimana. The Role of Problem-Based Learning Approach in Teaching and Learning Physics: A Systematic Literature Review. [S. l.]: F1000Research, 2023. Disponível em: <https://f1000research.com/articles/12-951>. Acesso em: 13 nov. 2025.

PAPADAKIS, Nikolaos; KATSAPRAKAKIS, Dimitrios Al. A Review of Energy Efficiency Interventions in Public Buildings. *Energies*, [s. l.], v. 16, n. 17, p. 6329, 2023.

RAZZAQ, Ibtisam et al. Reduction in energy consumption and CO₂ emissions by retrofitting an existing building to a net zero energy building for the implementation of SDGs 7 and 13. *Frontiers in Environmental Science*, [s. l.], v. 10, 2023. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/environmental-science/articles/10.3389/fenvs.2022.1028793/full>. Acesso em: 27 ago. 2025.

REDEE. RedEE Edifícios Públicos. [S. l.], 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/sef/redee>. Acesso em: 13 nov. 2025.

SIN. Fator de emissão de CO₂ na geração de energia elétrica no Brasil em 2023 é o menor em 12 anos. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/02/fator-de-emissao-de-co2-na-geracao-de-energia-eletrica-no-brasil-em-2023-e-o-menor-em-12-anos>. Acesso em: 13 nov. 2025.