

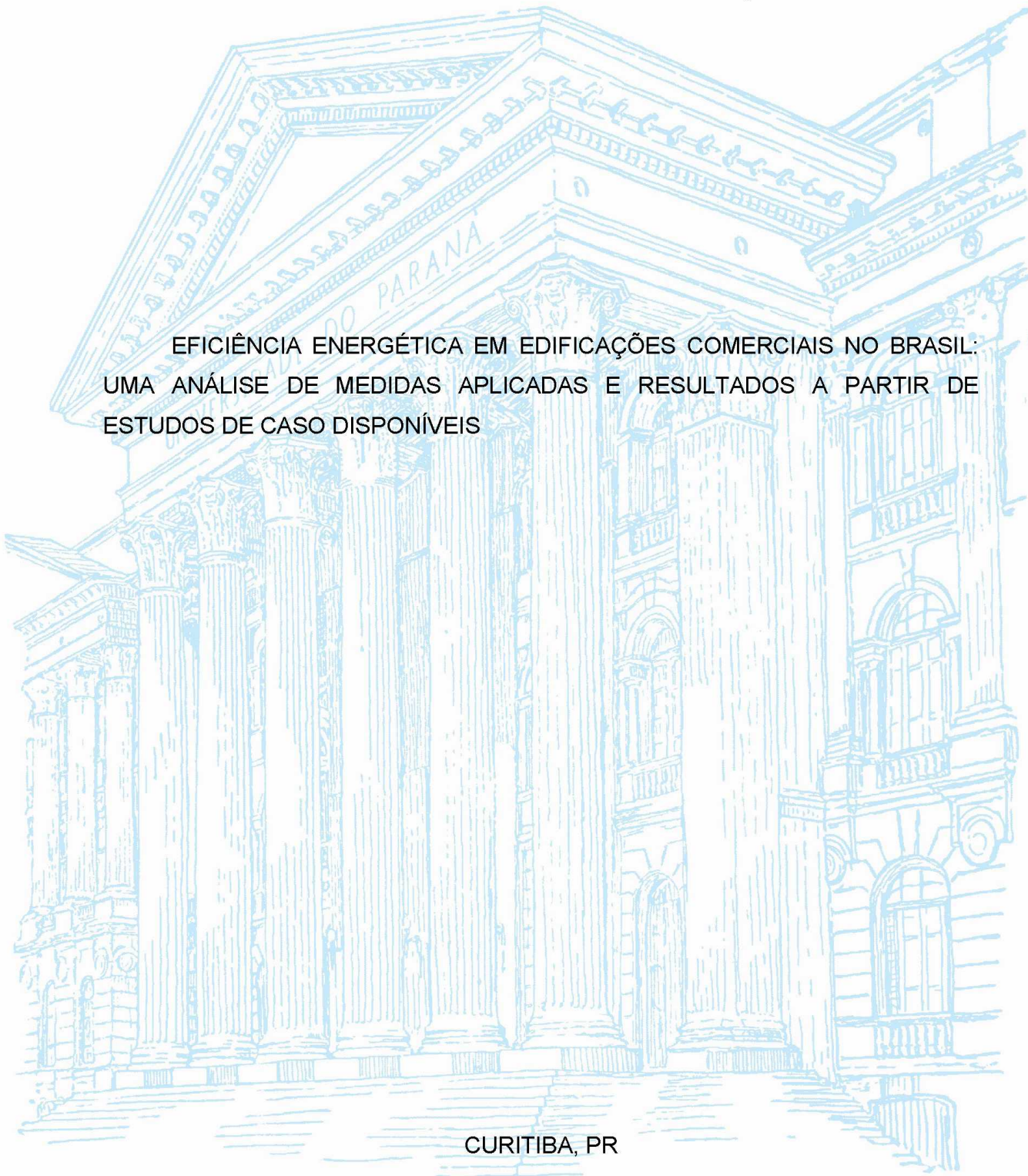
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RODRIGO BOGADO SERRÃO MENDONÇA

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES COMERCIAIS NO BRASIL:
UMA ANÁLISE DE MEDIDAS APLICADAS E RESULTADOS A PARTIR DE
ESTUDOS DE CASO DISPONÍVEIS

CURITIBA, PR

2025



RODRIGO BOGADO SERRÃO MENDONÇA

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES COMERCIAIS NO BRASIL:
UMA ANÁLISE DE MEDIDAS APLICADAS E RESULTADOS A PARTIR DE
ESTUDOS DE CASO DISPONÍVEIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao curso de Pós-Graduação em Gestão Estratégica em Energias Naturais Renováveis, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Gestão Estratégica em Energias Naturais Renováveis.

Orientador: Prof. Dr. Thiago José da Luz

CURITIBA, PR

2025

RESUMO

Este trabalho analisa a eficiência energética em edificações comerciais no Brasil, tema de crescente importância diante do elevado consumo do setor e de sua relevância para a agenda de sustentabilidade. O objetivo é identificar medidas aplicadas, avaliar seus impactos e discutir os resultados a partir de estudos de caso disponíveis. Foram levantados sete empreendimentos representativos, incluindo o Edifício Vera Cruz II (SP), que alcançou redução de ~18% no consumo após retrofit com automação e climatização eficientes; o Palácio Austregésilo de Athayde (RJ), certificado LEED Gold, com economia superior a 15% e geração de benefícios anuais estimados em R\$ 1 milhão; e o Hospital de Clínicas da Unicamp (SP), que reduziu cerca de 3.000 MWh/ano de consumo e implantou geração fotovoltaica responsável por 20% adicionais da demanda, totalizando investimento de R\$ 4,6 milhões. Também se destacam a Agência Caixa Econômica Federal (DF), com redução de ~25% no uso de energia, o Edifício Petrobras (RJ), com economia de 10%, e iniciativas de NZEB (edifícios de energia quase zero), que chegam a exportar energia excedente, embora com payback estimado de 10–15 anos. As medidas identificadas concentram-se em retrofit de iluminação e climatização, automação predial, geração solar distribuída e gestão energética (ISO 50001). Os resultados evidenciam ganhos relevantes de eficiência, mas também barreiras, como altos custos iniciais, ausência de obrigatoriedade regulatória e limitações de capacitação técnica. Ressalta-se que a maioria dos projetos foi viabilizada por programas e recursos públicos, especialmente via Procel e iniciativas institucionais. O estudo conclui que ampliar a escala dessas práticas requer políticas públicas robustas, maior apoio financeiro e a disseminação de modelos de sucesso, de forma a consolidar a eficiência energética como vetor estratégico da transição energética brasileira.

Palavras-chave: Eficiência energética; edificações comerciais; estudos de caso; certificações; políticas públicas.

ABSTRACT

This study analyzes energy efficiency in commercial buildings in Brazil, a topic of increasing importance given the sector's high energy demand and its relevance to sustainability goals. The research aims to identify applied measures, evaluate their impacts, and discuss results based on available case studies. Seven representative projects were examined, including Vera Cruz II Building (São Paulo), which achieved ~18% energy savings after retrofitting with automation and efficient HVAC; the Austregésilo de Athayde Palace (Rio de Janeiro), certified LEED Gold, with more than 15% savings and annual financial benefits of around R\$ 1 million; and the University Hospital of Unicamp (São Paulo), which reduced about 3,000 MWh/year and implemented photovoltaic generation covering an additional 20% of demand, with total investment of R\$ 4.6 million. Other relevant examples include the Caixa Econômica Federal Agency (Brasília), with ~25% energy reduction, the Petrobras Building (Rio de Janeiro), with ~10% savings, and NZEB initiatives, which achieve net-zero or even positive energy balance, though with estimated payback of 10–15 years. Identified measures include retrofitting of lighting and HVAC, building automation, distributed solar generation, and energy management systems (ISO 50001). The findings demonstrate substantial efficiency gains but also barriers such as high upfront costs, lack of mandatory regulation, and limited technical capacity. It is noteworthy that most projects were supported by public programs and resources, especially through Procel and institutional initiatives. The study concludes that scaling up these practices requires robust public policies, stronger financial support, and dissemination of successful models, thereby consolidating energy efficiency as a strategic vector of Brazil's energy transition.

Keywords: Energy efficiency; commercial buildings; case studies; certifications; public policies.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
1.1 PROBLEMA	7
1.2 OBJETIVOS	7
1.2.1 Objetivo geral	7
1.2.2 Objetivos específicos.....	8
1.3 JUSTIFICATIVA	8
2 REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO CONTEXTO GLOBAL.....	9
2.2 A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL.....	9
2.3 MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADAS EM EDIFICAÇÕES	10
2.4 BARREIRAS E OPORTUNIDADES	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 LEVANTAR E ORGANIZAR ESTUDOS DE CASO DE EDIFICAÇÕES COMERCIAIS BRASILEIRAS COM MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA IMPLEMENTADAS.....	17
3.2 IDENTIFICAR OS TIPOS DE MEDIDAS ADOTADAS E SEUS RESPECTIVOS IMPACTOS NO DESEMPENHO ENERGÉTICO	17
3.3 AVALIAR OS PRINCIPAIS DESAFIOS E BARREIRAS ENFRENTADOS NA IMPLEMENTAÇÃO DAS AÇÕES	18
3.4 SUGERIR RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS E POLÍTICAS PÚBLICAS PARA AMPLIAR A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SETOR	18
4 RESULTADOS.....	19
4.1 LEVANTAMENTO E ORGANIZAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO	19
4.2 IDENTIFICAÇÃO DAS MEDIDAS ADOTADAS E SEUS IMPACTOS.....	22
4.3 AVALIAÇÃO DOS PRINCIPAIS DESAFIOS E BARREIRAS	23
4.4 RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS E POLÍTICAS PÚBLICAS	25
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
REFERÊNCIAS.....	32

1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com a sustentabilidade energética tem levado governos, empresas e instituições a adotar políticas voltadas para o uso racional da energia. No contexto global, edificações representam cerca de 30% do consumo final de energia (IEA, 2020), o que torna esse setor estratégico para a redução de emissões e o aumento da eficiência energética. No Brasil, a situação é semelhante: os edifícios comerciais são responsáveis por aproximadamente 20% do consumo de eletricidade do país (EPE, 2020). Nos últimos anos, diversas iniciativas surgiram com o objetivo de promover a eficiência energética em edificações, como o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), instituído em 1985 (BRASIL, 1985), e programas de etiquetagem e certificação como o Procel Edifica. Essas iniciativas buscam orientar consumidores e empreendedores quanto ao desempenho energético de seus edifícios, contribuindo com metas ambientais e econômicas (BRASIL, 2019).

O Procel Edifica apresenta resultados práticos relevantes no Brasil: até 2023, mais de 1.700 edificações já haviam recebido a etiqueta de eficiência energética, incluindo prédios comerciais, residenciais e públicos (EPE, 2022). Entre os edifícios públicos federais, a etiquetagem já é obrigatória em novas construções e grandes reformas, reforçando o papel do setor público como exemplo para o mercado. Ainda assim, no setor privado a adesão permanece voluntária, o que limita o alcance das certificações. Em outros países, como membros da União Europeia, a etiquetagem de edificações é mandatória desde os anos 2000, com exigências legais que vinculam a certificação ao processo de compra e venda de imóveis (COMISSÃO EUROPEIA, 2019). Essa comparação evidencia o desafio regulatório brasileiro, onde projetos de lei sobre a obrigatoriedade da etiquetagem energética ainda estão em discussão, mas sem previsão de implementação ampla (BRASIL, 2023).

A implementação de medidas de eficiência, como sistemas automatizados de climatização, iluminação com tecnologia LED, uso de materiais de alto desempenho térmico e monitoramento inteligente do consumo, já demonstrou impactos positivos em estudos de caso nacionais e internacionais (EPE, 2022). Contudo, a adoção dessas práticas em larga escala enfrenta obstáculos. Entre as barreiras mais citadas estão o elevado custo inicial, a falta de incentivos fiscais, a ausência de evidências consolidadas de retorno financeiro e o desconhecimento técnico por parte de

projetistas e gestores (UNEP; IEA, 2018). Essas barreiras ajudam a explicar por que a maioria dos edifícios no Brasil ainda não é construída ou reformada segundo padrões de eficiência energética mais avançados.

Nesse cenário, torna-se fundamental analisar e sistematizar as experiências já implementadas no Brasil, identificando os resultados obtidos, as boas práticas e os fatores críticos de sucesso. A presente pesquisa busca preencher essa lacuna, fornecendo uma análise estruturada dos casos existentes e contribuindo com subsídios técnicos e estratégicos para ampliar a eficiência energética no setor de edificações comerciais.

1.1 PROBLEMA

Embora existam políticas públicas e tecnologias voltadas à eficiência energética em edificações comerciais, observa-se que a adoção dessas práticas ainda é limitada. Muitos empreendimentos deixam de investir em melhorias energéticas por falta de informações claras sobre os benefícios obtidos, retorno financeiro e impactos ambientais. Assim, o problema central deste trabalho consiste em entender: quais medidas de eficiência energética vêm sendo efetivamente aplicadas em edificações comerciais no Brasil e quais resultados têm sido alcançados?

1.2 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é realizar uma análise crítica e estruturada das principais medidas de eficiência energética aplicadas em edificações comerciais no Brasil, com base em estudos de caso documentados, avaliando seus impactos e os desafios enfrentados para a sua implementação.

1.2.1 Objetivo geral

Investigar a eficiência energética em edificações comerciais no Brasil, por meio da análise de medidas aplicadas e dos resultados obtidos em estudos de caso disponíveis, de modo a compreender os impactos técnicos, econômicos e ambientais dessas iniciativas.

1.2.2 Objetivos específicos

- Levantar e organizar estudos de caso de edificações comerciais brasileiras com medidas de eficiência energética implementadas;
- Identificar os tipos de medidas adotadas e seus respectivos impactos no desempenho energético;
- Avaliar os principais desafios e barreiras enfrentados na implementação das ações;
- Sugerir recomendações práticas e políticas públicas para ampliar a eficiência energética no setor.

1.3 JUSTIFICATIVA

A eficiência energética é um dos pilares das estratégias de desenvolvimento sustentável no setor elétrico, sendo essencial para garantir o uso racional dos recursos, reduzir as emissões de gases de efeito estufa e aliviar a pressão sobre a infraestrutura energética nacional (IEA, 2020). No Brasil, além da relevância ambiental e econômica, a análise do setor de edificações comerciais se justifica pela oportunidade de explorar casos reais de sucesso já certificados, como os avaliados pelo Procel Edifica (PROCEL, 2024).

Ao sistematizar esses resultados e identificar os fatores que contribuem para seu sucesso ou fracasso, este trabalho pretende fornecer subsídios práticos para profissionais, gestores públicos e formuladores de políticas. A proposta se alinha às metas nacionais e internacionais de descarbonização e transição energética (IEA, 2018), contribuindo para a disseminação de boas práticas e incentivando a criação de políticas mais robustas para o setor de edificações comerciais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A eficiência energética em edificações comerciais tem sido objeto de estudos em nível global, dada sua relevância para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a sustentabilidade econômica do setor elétrico. De acordo com a Agência Internacional de Energia, o setor de edificações responde por cerca de 30% do consumo final de energia no mundo (IEA, 2020). Nesse contexto, políticas de incentivo e regulamentações específicas têm sido aplicadas por diferentes países, com o objetivo de impulsionar práticas construtivas mais sustentáveis e reduzir a intensidade energética das atividades urbanas.

2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO CONTEXTO GLOBAL

O relatório mais recente da International Renewable Energy Agency (IRENA) enfatiza que a eficiência energética é um dos pilares da transição energética global, ao lado da eletrificação, da expansão de renováveis e do hidrogênio verde. No cenário proposto, medidas de eficiência em edificações têm potencial de reduzir em até 5 GtCO₂ (5 mil milhões de toneladas de dióxido de carbono) as emissões globais até 2030 (IRENA, 2023). O documento destaca ainda que a implementação de tecnologias mais eficientes em climatização, iluminação e sistemas de automação pode reduzir o consumo de energia no setor em até 50% até 2050, se adotada em larga escala.

Em países da União Europeia, a etiquetagem energética de prédios é obrigatória desde o início dos anos 2000, vinculada ao processo de compra, venda e aluguel de imóveis (COMISSÃO EUROPEIA, 2019). Esse tipo de regulamentação tem incentivado a adoção de boas práticas e estimulado o mercado de construção sustentável. Já em países emergentes, a adesão ainda é majoritariamente voluntária, embora programas nacionais de certificação tenham avançado nos últimos anos, como os observados no Brasil, México e Índia (UNEP; IEA, 2018).

2.2 A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL

No Brasil, iniciativas de eficiência energética em edificações ganharam força a partir da criação do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

(PROCEL), instituído em 1985 (BRASIL, 1985). Um de seus principais instrumentos é o Procel Edifica, que introduziu a etiquetagem de eficiência energética para edificações. Até 2023, mais de 1.700 prédios já haviam sido etiquetados no país, abrangendo tanto edificações públicas como privadas (EPE, 2022).

Nos edifícios públicos federais, a etiquetagem é obrigatória em novas construções e reformas significativas, buscando consolidar o papel do setor público como exemplo de boas práticas. Entretanto, no setor privado a adesão permanece voluntária, o que limita o impacto da política (BRASIL, 2019). Estudos apontam que as barreiras para maior difusão incluem o custo inicial elevado, a percepção de incerteza sobre o retorno financeiro e a falta de disseminação de casos de sucesso que comprovem os benefícios da eficiência (EPE, 2020; UNEP; IEA, 2018).

2.3 MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADAS EM EDIFICAÇÕES

A promoção da eficiência energética nas edificações brasileiras tem sido abordada por meio de diversas ações e políticas, que podem ser agrupadas em vertentes que incidem sobre as condições construtivas e as condições de utilização das edificações.

1. **Etiquetagem e Certificação Compulsória:** A etiquetagem energética, como o Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica), é uma medida prioritária que visa destacar o desempenho energético do projeto ou edifício, classificando-o de "A" (mais eficiente) a "E" (menos eficiente). O objetivo é impulsionar o mercado a oferecer edificações de alta qualidade, gerando benefícios percebíveis ao consumidor e contribuindo para a redução da demanda de energia. A obrigatoriedade da etiquetagem em projetos de novas construções e em reformas significativas já é prevista para os edifícios públicos federais, de acordo com as diretrizes do Ministério de Minas e Energia (MME) e do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), mas ainda não se estende de forma compulsória a edificações privadas (BRASIL, 2019).

A UN Environment e a IEA, em seu relatório de 2018, também destacam exemplos de certificação, classificação e etiquetagem

energética de edifícios globalmente, conforme detalhado na seção “Box 4” do documento (UNEP; IEA, 2018). No Brasil, as políticas de etiquetagem tiveram início na década de 1980 e vêm sendo aperfeiçoadas com programas como o PROCEL Edifica e o PBE Edifica, vinculados ao Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica e ao Programa Brasileiro de Etiquetagem, respectivamente. Além deles, diferentes certificações voluntárias estão disponíveis no mercado, como:

LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design* – U.S. Green Building Council, <https://www.usgbc.org/leed>);

EDGE (*Excellence in Design for Greater Efficiencies* – International Finance Corporation, <https://edgebuildings.com>);

WELL Building Standard – International WELL Building Institute, <https://www.wellcertified.com>);

BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method* – BRE Group, <https://www.breeam.com>);

DGNB (*German Sustainable Building Council*, <https://www.dgnb.de>);

AQUA-HQE – Fundação Vanzolini, <https://vanzolini.org.br/aqua>).

A digitalização tem sido fundamental para os processos de certificação, permitindo a criação de plataformas digitais que suportam a avaliação, a emissão e o monitoramento contínuo dessas certificações.

2. **Benchmarking de Energia e Avaliação de Desempenho Energético Operacional (DEO):** O benchmarking energético envolve a comparação do consumo de energia entre edifícios de mesma tipologia, fornecendo valores de referência para identificar níveis de eficiência (típico, ineficiente ou boa prática). Complementarmente, a avaliação de desempenho energético operacional (DEO) estabelece metas de consumo e monitoramento do uso de energia ao longo do tempo, possibilitando uma gestão estratégica de recursos e investimentos. No Brasil, o potencial de economia de energia associado a esta medida é estimado em 6 TWh até 2030, sendo 80% proveniente do setor residencial (EPE, 2020).

A implementação dessa medida inclui o desenvolvimento de benchmarks nacionais por tipologias e a elaboração de ferramentas unificadas para cálculo online. A digitalização, por meio de BMS (*Building Management System*), desempenha um papel crucial na coleta de dados em tempo real, na integração de sensores/atuadores e na automação da gestão energética dos edifícios.

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME) e o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), a consolidação dessas ferramentas deve ser acompanhada de normas técnicas e metodologias padronizadas que permitam maior confiabilidade na comparação de desempenho energético (BRASIL, 2023).

3. **Diagnóstico Energético e Retrofit:** O diagnóstico energético é uma ferramenta importante para identificar potenciais de economia de energia resultantes de fatores operacionais, de gestão e de manutenção de sistemas. O retrofit, por sua vez, é o processo de modernização da edificação ou equipamentos para gerar economia de energia. A metodologia para diagnósticos energéticos para diversas tipologias de edificações é elaborada e validada, com a entrega de ferramentas automatizadas para 15 tipologias até o final de 2025. Projetos piloto e estudos de caso são publicados para disseminar informações. Há também foco na capacitação de profissionais para realizar diagnósticos em edifícios comerciais (200 auditores/ano) e criação de equipes internas do governo para edifícios públicos (200 profissionais/ano). A digitalização facilita o registro de informações, análise de dados e monitoramento das implementações (EPE, 2020).
4. **Índices Mínimos de Equipamentos de Ar Condicionado (MEPs AC):** Esta ação visa estabelecer e revisar padrões mínimos de eficiência energética para equipamentos de ar condicionado, conhecidos internacionalmente como *Minimum Energy Performance Standards* (MEPS). A premissa é que, ao longo do tempo, a substituição de equipamentos antigos por modelos mais eficientes, regulamentados por portarias nacionais, resultará em 100% de penetração da medida após a vida útil dos equipamentos.

O processo envolve a definição de metodologias e critérios para índices mínimos, a avaliação de certificações internacionais já consolidadas, como as normas da AHRI (*Air-Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute*) e da ISO (International Organization for Standardization), além do estabelecimento de uma infraestrutura para coleta de dados de produção, importação e comercialização de equipamentos no mercado nacional. Também é fundamental definir uma agenda regulatória que preveja a evolução gradativa dos índices, de modo a estimular o setor industrial a investir em tecnologias de maior eficiência (EPE, 2020; UNEP; IEA, 2018).

5. **Tecnologias Digitais:** A digitalização é uma camada adicional que melhora o desempenho e a eficiência energética em edificações, fornecendo informações estruturadas e otimizando processos. As tecnologias digitais selecionadas abrangem:

- **Modelagem da Informação da Construção (BIM):** Um processo multidisciplinar para registro e gerenciamento estruturado de informações da edificação em um modelo virtual 3D detalhado e colaborativo. Pode atuar como um repositório centralizado de informações técnicas, subsidiando a eficiência energética em todas as fases do ciclo de vida (BRASIL, 2023).
- **Modelagem Energética da Edificação (BEM):** Ferramentas de simulação para estimar o consumo de energia (térmica ou elétrica) em uma edificação, considerando fatores como envoltória, AVAC, iluminação, e condições climáticas. Pode ser combinada com Aprendizagem de Máquina para otimizar o desempenho (BRASIL, 2023).
- **Fluidodinâmica Computacional (CFD):** Utilizada para modelar a ventilação natural e analisar a interferência da disposição dos edifícios e os efeitos da verticalização no escoamento do ar em malhas urbanas (BRASIL, 2023).
- **Simulação de Iluminação Natural e Artificial:** Permite desenvolver projetos de iluminação de alta qualidade, considerando a interação com outros sistemas e otimizando o

uso da luz natural para reduzir o consumo de energia (BRASIL, 2023).

- **Softwares para Avaliação do Ciclo de Vida (ACV):** Focam nos materiais e seus impactos ambientais ao longo do ciclo de vida da edificação, incluindo a escolha de materiais e a destinação de resíduos, contribuindo para a eficiência energética por meio da reutilização e reciclagem (BRASIL, 2023).
- **Sistemas de Gestão de Portfólio Energético:** Ferramentas digitais que reúnem todos os aspectos a serem avaliados em uma única plataforma para monitorar o desempenho energético contínuo, estabelecer metas e gerar alertas de anormalidades (BRASIL, 2023).
- **Sensores, Atuadores e Interruptores Inteligentes:** Essenciais para o gerenciamento de energia na fase de construção (medindo consumo de energia, combustível e água) e na operação, em conjunto com sistemas de gestão predial (BMS), para otimizar o consumo em AVAC e iluminação (BRASIL, 2023).
- **Assistentes Virtuais, Aplicativos e Controles Inteligentes:** Crescem em penetração e permitem a interação do usuário com os sistemas da edificação, oferecendo controle remoto e rotinas para otimização do consumo. Aplicativos de resposta à demanda, conscientização e gamificação fornecem feedback sobre o consumo e incentivam a economia de energia (BRASIL, 2023).
- **Tomadas Inteligentes e Carregadores de Veículos Elétricos:** Permitem o gerenciamento de energia para reduzir o consumo e a demanda em horários específicos, com impacto relevante nos custos operacionais (BRASIL, 2023).

2.4 BARREIRAS E OPORTUNIDADES

Apesar dos avanços alcançados nas últimas décadas, a literatura aponta que ainda persistem barreiras significativas para a consolidação da eficiência

energética em edificações comerciais no Brasil. O alto custo inicial dos investimentos, somado à dificuldade de acesso a linhas de financiamento específicas, representa uma limitação recorrente. Muitas vezes, gestores e investidores priorizam o menor custo imediato, em detrimento da eficiência no ciclo de vida da edificação, o que inibe a adoção de soluções mais avançadas (EPE, 2020).

Outro aspecto relevante é a dimensão regulatória. Diferentemente da União Europeia, onde a etiquetagem de edificações é obrigatória em transações de compra, venda ou aluguel, no Brasil a adesão às certificações ainda é majoritariamente voluntária. Isso reduz o alcance das políticas públicas, especialmente no setor privado, apesar de o poder público já ter estabelecido a obrigatoriedade da etiquetagem em novas construções e grandes reformas de prédios federais (UNEP; IEA, 2018). A ausência de um marco regulatório mais robusto dificulta a transformação do mercado em larga escala.

Além das questões econômicas e regulatórias, também se destacam as barreiras informacionais e culturais. Muitos tomadores de decisão desconhecem o potencial de retorno financeiro das medidas de eficiência, ou não têm acesso a informações claras sobre casos de sucesso já implementados no país. Essa escassez de evidências disseminadas contribui para a percepção de risco e desestimula novos investimentos (EPE, 2020).

Por outro lado, existem oportunidades expressivas a serem exploradas. O relatório da IRENA (2023) reforça que a eficiência energética em edificações figura entre as medidas de menor custo marginal para a redução de emissões globais de gases de efeito estufa, com elevado potencial de retorno econômico e social. Além de reduzir a demanda de energia, essas medidas contribuem para o aumento da resiliência do setor de construção e para a melhoria do conforto e bem-estar dos ocupantes. No contexto brasileiro, iniciativas como a expansão do financiamento verde, o fortalecimento de programas de etiquetagem e a crescente conscientização ambiental da sociedade representam caminhos viáveis para acelerar a adoção de práticas mais eficientes.

Dessa forma, embora as barreiras ainda se apresentem como obstáculos relevantes, o conjunto de evidências disponíveis indica que há um campo fértil de oportunidades. Superar os entraves financeiros, regulatórios e informacionais é essencial para consolidar a eficiência energética como um vetor estratégico da

transição energética brasileira, alinhando-se às tendências internacionais e às metas de descarbonização assumidas pelo país.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa, exploratória e descritiva, baseada em análise documental e estudos de caso previamente publicados. A metodologia foi organizada em quatro etapas, alinhadas aos objetivos da pesquisa.

3.1 LEVANTAR E ORGANIZAR ESTUDOS DE CASO DE EDIFICAÇÕES COMERCIAIS BRASILEIRAS COM MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA IMPLEMENTADAS

Na primeira etapa, foi realizada uma revisão bibliográfica e documental em fontes nacionais e internacionais, incluindo relatórios da Agência Internacional de Energia (IEA, 2020), do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP; IEA, 2018), da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2020) e da International Renewable Energy Agency (IRENA, 2023). No contexto nacional, destacaram-se publicações do Procel Edifica, bem como artigos acadêmicos relacionados à eficiência energética em edificações.

Foram selecionados estudos de caso documentados em relatórios institucionais e artigos técnicos que apresentam dados consolidados sobre a aplicação de medidas de eficiência em edificações comerciais. A análise incluiu edificações etiquetadas pelo PBE Edifica, casos reportados pela EPE (2020) e iniciativas destacadas por UNEP; IEA (2018). Complementarmente, foram incorporados três estudos recentes: o Relatório Procel Edifica 2024, que apresenta experiências de edifícios de energia quase zero (NZEB) no Brasil; o estudo de Silva (2022) sobre a certificação LEED do edifício Vera Cruz II; e o caso do Palácio Austregésilo de Athayde, em Brasília, que obteve certificação LEED Gold após retrofit (MONAGALHA, 2023).

3.2 IDENTIFICAR OS TIPOS DE MEDIDAS ADOTADAS E SEUS RESPECTIVOS IMPACTOS NO DESEMPENHO ENERGÉTICO

A segunda etapa consistiu na sistematização das medidas de eficiência energética aplicadas nos casos levantados. Foram consideradas práticas

relacionadas a climatização, iluminação, automação predial, envoltória das edificações e integração de geração renovável. Os impactos de cada medida foram avaliados com base em indicadores de redução do consumo energético, ganhos de desempenho ambiental e classificações obtidas em sistemas de etiquetagem e certificação.

3.3 AVALIAR OS PRINCIPAIS DESAFIOS E BARREIRAS ENFRENTADOS NA IMPLEMENTAÇÃO DAS AÇÕES

Na terceira etapa, os estudos de caso foram analisados à luz das barreiras relatadas na literatura e nos relatórios técnicos. Entre os principais fatores observados estão as barreiras financeiras, regulatórias, técnicas e culturais que limitam a adoção de medidas de eficiência energética em escala (EPE, 2020; UNEP; IEA, 2018; IRENA, 2023). Essa avaliação buscou identificar padrões recorrentes entre os diferentes contextos analisados.

3.4 SUGERIR RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS E POLÍTICAS PÚBLICAS PARA AMPLIAR A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SETOR

Por fim, a quarta etapa consistiu na integração dos resultados obtidos nas etapas anteriores, com o objetivo de propor recomendações práticas voltadas ao setor de edificações comerciais no Brasil. Essas recomendações contemplam tanto medidas técnicas replicáveis, quanto políticas públicas que podem contribuir para a superação das barreiras identificadas e para a ampliação da eficiência energética no setor.

4 RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados obtidos a partir da análise de estudos de caso de edificações comerciais brasileiras que implementaram medidas de eficiência energética. Como estabelecido na metodologia, o objetivo é organizar os projetos levantados, identificar as medidas aplicadas, avaliar seus impactos e barreiras, e propor recomendações práticas e políticas públicas para ampliar a eficiência energética no setor.

A análise está organizada em quatro etapas, em alinhamento com os objetivos do trabalho:

1. Levantar e organizar estudos de caso de edificações comerciais brasileiras com medidas de eficiência energética implementadas;
2. Identificar os tipos de medidas adotadas e seus respectivos impactos no desempenho energético;
3. Avaliar os principais desafios e barreiras enfrentados na implementação das ações;
4. Sugerir recomendações práticas e políticas públicas para ampliar a eficiência energética no setor.

4.1 LEVANTAMENTO E ORGANIZAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO

A seleção de estudos de caso buscou contemplar diferentes tipologias de edificações comerciais, distintos portes de investimento e a diversidade geográfica do Brasil. O critério de inclusão considerou a disponibilidade de informações confiáveis em relatórios institucionais (EPE, 2020; PROCEL, 2024), em trabalhos acadêmicos (SILVA, 2022), em publicações internacionais (UNEP; IEA, 2018; IRENA, 2023) e em reportagens técnicas (ENBPAR, 2022).

Assim, foram incluídos sete projetos representativos: edifícios corporativos em centros urbanos, hospitais universitários, agências bancárias, prédios administrativos industriais e iniciativas de demonstração tecnológica em energia quase zero. Essa diversidade enriquece a análise, pois permite comparar contextos de alta complexidade operacional, como hospitais, com estruturas mais padronizadas, como agências bancárias, além de projetos emblemáticos que buscam neutralidade energética.

O QUADRO 1 resume os principais dados dos casos analisados. Vale ressaltar que algumas fontes fornecem informações qualitativas (sem valores exatos de investimento ou payback), o que reflete uma limitação recorrente em estudos institucionais. Ainda assim, o conjunto de dados permite identificar padrões e realizar uma análise comparativa robusta.

QUADRO 1 – Estudos de caso com medidas de eficiência energética e certificação

Estudo de Caso	Certificação/ Etiquetagem	Medidas Implementadas	Economia Estimada	Investimento Aproximado	Payback Estimado	Fonte
Edifício Vera Cruz II (SP)	LEED Gold	Retrofit de iluminação, ar-condicionado eficiente, automação predial	Redução de ~18% no consumo energético	~R\$ 2,5 milhões	6 anos	SILVA (2022)
Palácio Austregésilo de Athayde (RJ)	LEED Gold	Retrofit de iluminação LED, elevadores regenerativos, automação, migração ao mercado livre	Economia de ~R\$ 1 milhão/ano (>15% do consumo)	Não divulgado	—	MONAGALHA (2023)
Edifício Administrativo SENAI CIMATEC (BA)	ISO 50001	Sistema de gestão de energia, otimização de climatização, monitoramento contínuo	Economia de ~12% no consumo anual	Não divulgado	—	EPE (2020)
Edifício Petrobras (RJ)	PBE Edifica	Retrofit de climatização e iluminação, automação predial	Economia de ~10% no consumo	~R\$ 3 milhões	7 anos	EPE (2020)
Agência Caixa Econômica Federal (DF)	PBE Edifica	Substituição de iluminação, equipamentos eficientes, automação	Redução de ~25% no consumo de energia	~R\$ 1 milhão	5 anos	EPE (2020)
Projetos NZEB (vários estados)	PBE Edifica	Edifícios de energia quase zero, integração de solar fotovoltaica, envoltória eficiente	Economia de 90–110% (exportação líquida em alguns casos)	Investimentos elevados (~R\$ 5–10 milhões por projeto)	10–15 anos	PROCEL (2024)
Hospital de Clínicas da Unicamp (SP)	Procel Edifica	Retrofit de iluminação (LED), modernização de climatização, automação predial e usina fotovoltaica	Redução de ~3.000 MWh/ano (~20% do consumo) + geração adicional de 20% via solar	R\$ 4,6 milhões (somando eficiência e solar)	—	PROCEL (2024)

FONTE: O autor (2025).

4.2 IDENTIFICAÇÃO DAS MEDIDAS ADOTADAS E SEUS IMPACTOS

A análise dos estudos de caso revela que algumas medidas de eficiência energética se consolidaram como pilares fundamentais no setor de edificações comerciais brasileiras. Elas podem ser classificadas em quatro grandes grupos:

- 1- Iluminação eficiente:** A substituição de sistemas tradicionais por iluminação LED aparece em praticamente todos os casos analisados. Essa medida tem custo relativamente baixo e rápido retorno, gerando economias de 10 a 20% do consumo total em alguns edifícios (EPE, 2020). No HC Unicamp, por exemplo, a modernização da iluminação contribuiu significativamente para a redução de 3.000 MWh/ano. Além disso, o LED tem vida útil mais longa, reduzindo custos de manutenção.
- 2- Climatização e HVAC eficiente:** Nos edifícios de maior porte, os sistemas de climatização representam a maior parcela do consumo. O retrofit de chillers e a adoção de equipamentos mais eficientes foram determinantes no Edifício Petrobras e no Vera Cruz II, com impactos na ordem de 10 a 18% de redução. A modernização de climatização hospitalar, como no HC Unicamp, também teve efeito expressivo.
- 3- Automação e sistemas de gestão predial (BMS):** A adoção de sistemas de *Building Management System* (BMS) viabiliza o monitoramento em tempo real e o controle integrado de climatização, iluminação e demais sistemas prediais, permitindo ganhos expressivos em eficiência operacional. Nos estudos de caso analisados, essa medida esteve presente em empreendimentos como o Edifício Vera Cruz II (SP), que implantou automação predial associada ao retrofit de climatização e iluminação (ENGEPROD, 2022); no Palácio Austregésilo de Athayde (RJ), que modernizou seus sistemas de controle de iluminação e climatização no processo de certificação LEED Gold (ENGEPROD, 2022); e no Hospital de Clínicas da Unicamp (SP), que integrou a automação predial às medidas de retrofit e à implantação da usina fotovoltaica (PROCEL, 2024). Esses exemplos demonstram que a digitalização dos sistemas é fator-chave para consolidar reduções consistentes de consumo energético e

apoiar uma gestão estratégica de energia, em consonância com o que destacam UNEP e IEA (2018) como tendência global.

4- Geração distribuída fotovoltaica e NZEB: Nos projetos NZEB e no HC Unicamp, a geração própria via energia solar teve papel fundamental. Em alguns casos, os prédios chegaram a exportar energia, alcançando neutralidade energética (PROCEL, 2024). Apesar dos altos custos de investimento (até R\$ 10 milhões), os benefícios ambientais e de visibilidade institucional são excelentes.

5- Certificação e gestão energética: Casos como o SENAI CIMATEC demonstram a importância de certificações como ISO 50001, que não se restringem a medidas pontuais, mas fomentam uma cultura organizacional de eficiência energética. Isso possibilita ganhos contínuos, mesmo sem grandes investimentos adicionais (EPE, 2020).

Em síntese, os impactos variaram de reduções modestas (10%) até ganhos substanciais de neutralidade energética. A combinação de medidas foi o fator determinante para os melhores resultados.

4.3 AVALIAÇÃO DOS PRINCIPAIS DESAFIOS E BARREIRAS

A análise dos casos revelou um conjunto de barreiras que dificultam a difusão das medidas de eficiência energética. Essas barreiras podem ser agrupadas em quatro dimensões principais:

1- Barreiras financeiras: O custo inicial elevado se apresenta como a principal barreira. Nos projetos NZEB (edifícios de energia quase zero), analisados a partir do relatório Procel (2024), os investimentos foram da ordem de R\$ 5 a 10 milhões por empreendimento, com payback estimado em 10 a 15 anos. Esse horizonte de retorno reduz a atratividade econômica, especialmente para o setor privado, que tende a priorizar resultados de curto prazo. Situação semelhante foi observada no Hospital de Clínicas da Unicamp, cujo investimento totalizou R\$ 4,6 milhões em retrofit de climatização, iluminação e instalação de usina fotovoltaica (PROCEL, 2024). Embora o ganho energético seja expressivo, a magnitude do investimento representa um obstáculo para replicação em outros hospitais de médio porte.

- 2- Barreiras regulatórias:** As limitações regulatórias também comprometem a difusão das medidas. O Edifício Petrobras (RJ) e a Agência Caixa (DF) foram classificados com base na etiquetagem PBE Edifica (EPE, 2020), mas esta ainda não é obrigatória para todas as tipologias de edificações comerciais. Essa característica faz com que a eficiência seja percebida mais como iniciativa voluntária do gestor do empreendimento do que como requisito legal. A ausência de benchmarks nacionais detalhados por tipologia também dificulta comparações setoriais e estabelecimento de metas de desempenho, reduzindo o potencial de indução de mercado.
- 3- Barreiras técnicas:** Em empreendimentos de maior porte, como o Edifício Vera Cruz II (SP) e o Palácio Austregésilo de Athayde (RJ), foram implantados sistemas de automação predial que dependem de operação contínua e capacitada (ENGEPROD, 2022). No entanto, em diversos casos, há relatos de utilização parcial das funcionalidades dos sistemas de gestão, o que compromete a plena realização dos ganhos previstos. Já no Edifício Administrativo do SENAI CIMATEC (BA), a adoção da ISO 50001 estruturou um sistema robusto de gestão energética (EPE, 2020), mas a replicação dessa prática depende de profissionais especializados em gestão e operação de sistemas complexos, que ainda são escassos no mercado nacional.
- 4- Barreiras culturais e institucionais:** A percepção da eficiência energética como investimento estratégico ainda não está plenamente consolidada. Enquanto iniciativas como o Palácio Austregésilo de Athayde destacam os ganhos de imagem institucional e valorização patrimonial associados à certificação LEED, muitas organizações ainda tratam a eficiência energética apenas como redução de custos operacionais. Essa visão restrita limita a adoção de medidas mais ousadas e de maior impacto ambiental.
- 5- Apoio público e dependência de incentivos:** Outro ponto relevante observado nos estudos de caso é a forte dependência de recursos públicos, linhas de financiamento ou programas de incentivo para viabilizar a implementação das medidas de eficiência energética. Projetos como o Hospital de Clínicas da Unicamp (SP) e os edifícios analisados no âmbito do Procel Edifica foram diretamente beneficiados por aportes do

programa, chamadas públicas e suporte técnico. Da mesma forma, o Palácio Austregésilo de Athayde, no Rio de Janeiro, contou com financiamento público associado a programas de retrofit sustentável (ENGEPRD, 2022).

Por outro lado, alguns empreendimentos demonstraram maior autonomia financeira, utilizando predominantemente recursos privados. É o caso do Edifício Vera Cruz II (SP), certificado LEED, que foi conduzido com investimento dos próprios incorporadores e parceiros privados, sem apoio direto de programas governamentais.

Esse padrão reforça a ideia de que, embora existam casos isolados de sucesso com financiamento privado, a maioria dos projetos dificilmente teria sido implementada sem instrumentos de política pública e mecanismos de financiamento direcionado, sobretudo em setores onde a margem para investimentos em sustentabilidade é reduzida.

6- Formação Profissional: Outro desafio relevante é a disponibilidade de mão de obra qualificada. Embora existam no Brasil programas de pós-graduação consolidados em instituições como UFPR e UTFPR, que oferecem capacitação em eficiência energética e gestão de projetos, a formação em nível técnico e profissionalizante ainda é insuficiente para atender à demanda crescente do setor. Essa lacuna afeta diretamente a capacidade de operação e manutenção de sistemas de automação predial e gestão energética, limitando a efetividade das medidas implementadas. A ausência de programas nacionais de capacitação técnica direcionados ao setor de edificações comerciais representa, portanto, uma barreira estrutural à difusão da eficiência energética.

Essas barreiras explicam por que, mesmo com casos de sucesso, a difusão em larga escala ainda é limitada no Brasil.

4.4 RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS E POLÍTICAS PÚBLICAS

A avaliação das barreiras enfrentadas pelos empreendimentos analisados permite propor recomendações práticas e políticas públicas que possam ampliar a adoção de medidas de eficiência energética em edificações comerciais no Brasil.

Tais recomendações se baseiam tanto nos resultados obtidos pelos casos de sucesso quanto nos desafios identificados durante a implementação.

- 1- **Fortalecimento do financiamento específico:** Projetos como os NZEB (PROCEL, 2024) e o Hospital de Clínicas da Unicamp (SP), com investimentos que ultrapassaram R\$ 4 milhões, ilustram a necessidade de linhas de crédito de longo prazo e com juros reduzidos para viabilizar retrofit e geração distribuída em larga escala. O acesso a linhas de crédito direcionadas é um fator determinante para superar a barreira do alto custo inicial das medidas de eficiência energética. Além das propostas de criação de novos mecanismos, é importante destacar que já existem exemplos nacionais que podem ser expandidos. O Fomento Paraná, por exemplo, mantém linhas de financiamento voltadas à sustentabilidade e eficiência energética para empresas e municípios paranaenses, viabilizando projetos de modernização de sistemas de iluminação, climatização e geração distribuída (FOMENTO PARANÁ, 2023). Outro caso relevante são as chamadas de projetos de eficiência energética promovidas pelas concessionárias de distribuição de energia elétrica, obrigatórias pela Lei nº 9.991/2000, que destina um percentual da receita operacional líquida das distribuidoras para Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e para programas de eficiência energética (ANEEL, 2022). A ampliação e replicação dessas iniciativas em âmbito nacional poderiam consolidar um ambiente de financiamento mais robusto e acessível ao setor de edificações comerciais.
- 2- **Expansão e obrigatoriedade gradual da etiquetagem:** Os casos da Agência Caixa (DF) e do Edifício Petrobras (RJ) demonstram como a etiquetagem do PBE Edifica pode orientar escolhas técnicas e garantir transparência de desempenho energético (EPE, 2020). Entretanto, a limitação regulatória atual, que não obriga a etiquetagem para todas as tipologias comerciais, reduz seu potencial de impacto. Propõe-se a adoção de um cronograma progressivo de obrigatoriedade, iniciando pelas edificações de maior porte e estendendo-se gradualmente para todo o setor.
- 3- **Ampliação de programas públicos de incentivo:** Observa-se que parte significativa dos casos analisados só foi possível devido a recursos

públicos, como os programas do Procel (2024). O próprio retrofit do HC Unicamp e as iniciativas de edifícios NZEB exemplificam o papel central de editais e chamadas públicas no financiamento dessas iniciativas. Assim, recomenda-se a ampliação de programas de incentivo, com maior previsibilidade orçamentária e foco em edificações comerciais de médio porte, que apresentam elevado potencial de economia energética, mas baixa capacidade de investimento.

- 4- **Capacitação e formação profissional:** O caso do SENAI CIMATEC (BA) demonstra como a implementação da ISO 50001 exige profissionais especializados em gestão energética (EPE, 2020). Porém, a falta de técnicos capacitados para operar sistemas de automação predial e realizar manutenção de equipamentos eficientes permanece um gargalo. Nesse sentido, o Programa PotencializEE, implementado pelo SENAI em parceria com o MME e a GIZ, representa um exemplo de iniciativa voltada ao fortalecimento da capacitação técnica no Brasil. O programa tem como foco apoiar pequenas e médias indústrias na adoção de medidas de eficiência energética, oferecendo capacitação e consultoria especializada (SENAI; MME; GIZ, 2021). Embora direcionado ao setor industrial, sua estrutura demonstra o potencial de programas semelhantes serem estendidos ao setor de edificações comerciais.

No caso específico da certificação, há oferta de cursos de formação voltados para profissionais atuarem como avaliadores Procel Edifica e consultores LEED, porém esses processos ainda são conduzidos de forma isolada, geralmente por entidades privadas ou organizações ligadas a cada certificação. Até o momento, não existe uma política nacional coordenada que incentive de forma estruturada a ampliação da base de certificadores, o que limita a velocidade de difusão das práticas no país. A criação de programas nacionais de capacitação, integrando universidades, institutos federais e entidades do setor produtivo, poderia fortalecer esse elo crucial para o avanço da eficiência energética no Brasil.

- 5- **Integração de políticas públicas e regulamentação:** Para superar as barreiras regulatórias, é fundamental articular políticas de eficiência energética às políticas urbanísticas e ambientais. Isso pode incluir incentivos fiscais municipais para empreendimentos certificados (como

ocorreu com o Palácio Austregésilo de Athayde, que obteve LEED Gold) e a aprovação de marcos legais em tramitação no Congresso Nacional, como o PL 1.802/2019 e o PL 517/2021, que tratam da obrigatoriedade de etiquetagem e incentivos à eficiência energética em edificações.

- 6- **Disseminação de modelos de sucesso:** A experiência positiva de empreendimentos como o Edifício Vera Cruz II (SP), que alcançou redução de 18% do consumo energético (ENGEPRD, 2022), pode servir como referência para outros edifícios corporativos de médio e grande porte. Recomenda-se a criação de plataformas digitais para divulgar casos de sucesso, com dados técnicos e financeiros consolidados, possibilitando benchmarking setorial e estimulando a replicação em outros contextos.

Essas recomendações visam superar barreiras e consolidar a eficiência energética como eixo da transição energética brasileira.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste estudo evidenciou a dificuldade em reunir relatórios públicos detalhados sobre a implementação de medidas de eficiência energética em edificações comerciais no Brasil. Apesar do número crescente de empreendimentos certificados, tanto no âmbito do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE Edifica), coordenado pelo Procel, quanto em sistemas internacionais como o LEED, a disponibilidade de informações técnicas e financeiras ainda é limitada. Dados recentes apontam que, até 2023, mais de 1.600 edificações haviam recebido algum nível de certificação no Brasil, mas apenas uma fração reduzida disponibilizou relatórios acessíveis ao público com resultados consolidados (PROCEL, 2024; ENGEPRD, 2022). Essa carência compromete a criação de referências sólidas para novos empreendimentos.

Destaca-se, portanto, a necessidade de que projetos apoiados por recursos públicos – como os casos do Hospital de Clínicas da Unicamp (SP) e dos edifícios NZEB, viabilizados por chamadas do Procel – adotem como prática a publicação de relatórios técnicos detalhados, contendo dados de consumo, investimentos e barreiras enfrentadas. Tais documentos, além de promoverem transparência, funcionariam como instrumentos de benchmarking, permitindo que outros gestores

públicos e privados pudessem replicar e adaptar as soluções em seus empreendimentos.

Do ponto de vista dos objetivos desta pesquisa, todos foram atendidos. Este trabalho teve como propósito realizar uma análise crítica e estruturada das principais medidas de eficiência energética aplicadas em edificações comerciais no Brasil, por meio da investigação de estudos de caso disponíveis em relatórios técnicos, publicações institucionais e documentos de referência. O levantamento contemplou sete projetos de destaque, entre eles edifícios certificados por programas como LEED e Procel Edifica, além de iniciativas que implementaram sistemas de gestão energética e soluções inovadoras de retrofit. Esse número relativamente restrito de casos evidencia uma das principais dificuldades enfrentadas durante a pesquisa: a escassez de informações públicas e detalhadas sobre projetos já implementados, apesar da quantidade significativa de edificações certificadas no país.

Nos projetos analisados, verificou-se que as principais soluções aplicadas para promover eficiência energética foram a modernização de sistemas de iluminação (com substituição de lâmpadas convencionais por LED), a climatização eficiente, a automação predial por meio de *Building Management Systems* (BMS) e, em alguns casos, a integração com geração fotovoltaica. Essas medidas, aplicadas em conjunto ou isoladamente, resultaram em ganhos expressivos de redução de consumo energético, ainda que em proporções distintas, dependendo do perfil de cada empreendimento. A análise dos impactos evidenciou que a combinação entre eficiência e geração distribuída, como no caso do Hospital de Clínicas da Unicamp (SP), apresenta elevado potencial de transformação.

Ao avaliar os principais desafios, ficou evidente que barreiras financeiras ainda são determinantes para a adoção das medidas. Projetos com perfil de edifícios de energia quase zero (NZEB), analisados em relatórios do Procel (2024), apresentaram elevado custo inicial e prazos de retorno muitas vezes superiores ao horizonte de decisão de investidores. Barreiras técnicas também foram observadas, sobretudo em empreendimentos de grande porte como o Hospital de Clínicas da Unicamp (SP), nos quais a coordenação de múltiplas medidas demandou alta capacidade de gestão técnica. Outro aspecto relevante é a dependência de apoio público: a maioria dos projetos só foi viabilizada por meio de subsídios, chamadas de financiamento ou suporte institucional, com exceção de casos como o Edifício Vera Cruz II (SP), que utilizou predominantemente recursos privados. Além disso, a

carência de profissionais qualificados em nível técnico-operacional limita a expansão dessas práticas, apesar da existência de programas de pós-graduação em universidades como UFPR e UTFPR.

As recomendações apresentadas buscaram enfrentar essas barreiras de forma prática. Em termos de financiamento, destacou-se a importância de fortalecer linhas específicas de crédito, a exemplo do Fomento Paraná e das chamadas de eficiência energética promovidas por concessionárias pela Lei nº 9.991/2000, além da necessidade de expandir esses instrumentos em escala nacional. No campo da capacitação, foi ressaltado o potencial de iniciativas como o programa PotencializEE (SENAI; MME; GIZ), que, embora voltado ao setor industrial, demonstra a relevância de programas nacionais de formação aplicados ao setor de edificações. Também se evidenciou a importância de criar mecanismos para ampliar a formação de certificadores LEED e Procel Edifica, hoje ainda restrita a iniciativas isoladas. Por fim, recomendações voltadas à transparência reforçam a necessidade de que projetos subsidiados com recursos públicos disponibilizem relatórios técnicos completos, capazes de servir como benchmarking para outros empreendimentos.

No conjunto dos estudos de caso, uma análise crítica permite destacar o Hospital de Clínicas da Unicamp (SP) como o projeto de maior representatividade dentro da proposta deste trabalho. Isso porque o empreendimento reuniu múltiplas medidas de eficiência energética — retrofit de iluminação e climatização, automação predial e implantação de usina solar fotovoltaica — alcançando reduções expressivas no consumo e diversificação da matriz energética. Apesar do elevado investimento, o projeto evidencia como a integração de diferentes soluções pode maximizar o impacto e servir de referência para futuros empreendimentos de grande porte.

Em síntese, os resultados desta pesquisa reforçam que a eficiência energética em edificações comerciais no Brasil é tecnicamente viável e apresenta ganhos comprovados nos projetos analisados. Contudo, permanece a contradição entre viabilidade técnica e atratividade econômica: sem instrumentos de política pública e mecanismos de financiamento direcionados, muitos empreendimentos não avançam, uma vez que investidores tendem a priorizar projetos com retorno mais rápido. Nesse sentido, políticas públicas mais robustas, programas de capacitação e mecanismos de financiamento acessíveis se apresentam como elementos

fundamentais para transformar experiências pontuais em práticas amplamente disseminadas no setor.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Chamada Pública de Projetos de Eficiência Energética. **Disponível em:** <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/programa-de-eficiencia-energetica/chamadas-publicas>. **Acesso em:** 24 set. 2025.

BRASIL. Decreto nº 9.863, de 27 de junho de 2019. Dispõe sobre o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 jun. 2019. **Disponível em:** https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/procel/decreto_9863_2019.pdf. **Acesso em:** 28 jun. 2025.

BRASIL. Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000. Dispõe sobre investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das concessionárias do setor elétrico. Alterada pela Lei nº 13.280, de 2016. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 jul. 2000. **Disponível em:** https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/procel/lei_9991_lei13280_2016.pdf. **Acesso em:** 28 jun. 2025.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Portaria nº 1.877, de 19 de setembro de 1985. Institui o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 set. 1985. **Disponível em:** https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/procel/portaria_1877_1985.pdf. **Acesso em:** 28 jun. 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Relatório preliminar: estudo voltado para o setor de edificações.** Brasília: MME, 2023. **Disponível em:** <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-realiza-lancamento-de-estudo-voltado-para-o-setor-de-edificacoes/relatorio-preliminar-diagramado-v4.pdf>. **Acesso em:** 30 jun. 2025.

BRASIL. Câmara dos Deputados. Projeto de Lei nº 1.802, de 2019. Dispõe sobre a obrigatoriedade da etiquetagem de eficiência energética em edificações. Brasília, 2019. **Disponível em:**

<https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=219952>
2. **Acesso em:** 25 ago. 2025.

BRASIL. Câmara dos Deputados. Projeto de Lei nº 517, de 2021. Institui incentivos à eficiência energética em edificações. Brasília, 2021. **Disponível em:**

<https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=229178>
6. **Acesso em:** 25 ago. 2025.

COMISSÃO EUROPEIA. **Pacto Ecológico Europeu**. [S. l.], [2019]. **Disponível em:**

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640&from=EN>. **Acesso em:** 3 ago. 2025.

EIA. Energy Information Administration. **How much energy is consumed in U.S. buildings?** [S. l.], 2020. **Disponível em:**

<https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=86&t=1>. **Acesso em:** 3 ago. 2025.

ENBPAR. **Relatório de iniciativas de eficiência energética**. Brasília, 2022.

Disponível em: <https://enbpar.gov.br/transparencia/acoes-e-programas/relatorio-integrado-ou-de-sustentabilidade/>. **Acesso em:** 25 ago. 2025.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Estudos e análises sobre o consumo energético em edificações**. Rio de Janeiro, 2020. **Disponível em:**

<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/epe-publica-nota-tecnica-sobre-acoes-de-eficiencia-energetica-em-edificacoes-brasileiras>. **Acesso em:** 30 jun. 2025.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Nota Técnica DEA/SEE nº 007/2020: ações de eficiência energética em edificações brasileiras – levantamento e análise de iniciativas**. Rio de Janeiro: EPE, 2020. **Disponível em:**

<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/NT%20DEA-SEE-007-2020.pdf>. **Acesso em:** 29 jun. 2025.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Atlas de Eficiência Energética Brasil 2022**. Rio de Janeiro: EPE, 2022. **Disponível em:** <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/atlas-de-eficiencia-energetica-brasil-2022>. **Acesso em:** 29 jun. 2025.

FOMENTO PARANÁ. Linhas de crédito para sustentabilidade e eficiência energética. Curitiba, 2023. **Disponível em:** <https://www.fomento.pr.gov.br/Linhas-de-Credito>. **Acesso em:** 24 set. 2025.

IEA – International Energy Agency. **Energy Efficiency 2020**. Paris: IEA, 2020. **Disponível em:** https://iea.blob.core.windows.net/assets/59268647-0b70-4e7b-9f78-269e5ee93f26/Energy_Efficiency_2020.pdf. **Acesso em:** 30 jun. 2025.

IRENA – International Renewable Energy Agency. **World Energy Transitions Outlook 2023: 1.5°C Pathway**. Abu Dhabi: IRENA, 2023. **Disponível em:** <https://www.irena.org/Publications/2023/Jun/WETO-2023>. **Acesso em:** 23 ago. 2025.

MONAGALHA, Elisabete Afonso. **Transformação sustentável: o case do Palácio Austregésilo de Athayde**. São Paulo: ABRAFAC, 2023. **Disponível em:** <https://abrafac.org.br/wp-content/uploads/formcraft3/28/cf0f4025105b7e7b271031591449df07-Transformacao-Sustentavel-Case-do-Palacio-Austregesilo-de-Athaydedocx.pdf>. **Acesso em:** 24 ago. 2025.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – PROCEL. **Estudo de caso: Hospital de Clínicas da Unicamp – SP**. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 2024. **Disponível em:** <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/procel-gerou-economia-de-energia-eletrica-para-abastecer>

[mais-de-12-milhoes-de-residencias/copy_of_20241211_Procel2024.pdf](#). **Acesso em:** 6 ago. 2025.

PROCEL. **Relatório Procel Edifica 2024: Edificações de Energia Quase Zero (NZEB) no Brasil**. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 2024. **Disponível em:** https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/procel-gerou-economia-de-energia-eletrica-para-abastecer-mais-de-12-milhoes-de-residencias/copy_of_20241211_Procel2024.pdf. **Acesso em:** 23 ago. 2025.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (SENAI); MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME); DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT (GIZ). Programa PotencializEE – Factsheet. Brasília, 2021. **Disponível em:** <https://www.programa-potencializee.com.br/o-programa>. **Acesso em:** 24 set. 2025.

SILVA, Flavia Helena Pacheco e. **Edifício Vera Cruz II: projeto e execução com certificação LEED**. 2019. 120 f. TCC (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2019. **Disponível em:** <https://dspace.mackenzie.br/bitstreams/6c2d8999-5119-4a90-bddf-677823503e42/download>. **Acesso em:** 7 ago. 2025.

UN ENVIRONMENT; IEA – International Energy Agency. **2018 Global Status Report: towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector**. Nairobi: United Nations Environment Programme, 2018. **Disponível em:** <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/27140>. **Acesso em:** 30 jun. 2025.