



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ENGENHARIA DE ENERGIA**



VINÍCIUS ASSUMPCÃO SANTOS

**AVALIAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICÊNCIA ENERGÉTICA: UM ESTUDO DE
CASO**

Rio Largo, AL

2025

VINÍCIUS ASSUMPCÃO SANTOS

**AVALIAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICÊNCIA ENERGÉTICA:
UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Energia da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharelado em Engenharia de Energia.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Faustino Lacerda de Souza.

Rio Largo, AL
2025

Catlogação na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 - 1512

S237a Santos, Vinícius Assumpção.

Avaliação de medidas de eficiência energética: um estudo de caso. / Vinícius Assumpção Santos. – 2025.

57 f.: il.

Orientador(a): Leonardo Faustino Lacerda de Souza.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Energia) –
Graduação em Engenharia de Energia, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias,
Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2025.

Inclui bibliografia

1. Eficiência energética. 2. Edifícios residenciais. 3. Sustentabilidade. 4. Consumo de energia. I. Título.


CDU: 620.91

Folha de Aprovação

VINÍCIUS ASSUMPCÃO SANTOS


AVALIAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICÊNCIA ENERGÉTICA: UM ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à banca examinadora do curso de Engenharia de Energia da Universidade Federal de Alagoas e aprovada em 14 de Março de 2025


Documento assinado digitalmente
 LEONARDO FAUSTINO LACERDA DE SOUZA
Data: 30/03/2025 14:41:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Leonardo Faustino Lacerda de Souza (Orientador)

Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 IGOR CAVALCANTE TORRES
Data: 31/03/2025 11:21:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Igor Cavalcante Torres (1º Avaliador)

Documento assinado digitalmente
 ALANA KELLY XAVIER DE BARROS BRANCO
Data: 31/03/2025 09:20:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Alana Kelly Xavier de Barros Branco (2º Avaliador)

Expresso minha gratidão a Deus pela saúde, força e fé, assim como aos meus pais, Akilles Antônio e Maria Fabíola, pelos quais sou grato pelo discernimento, educação, princípios e valores que me proporcionaram.

AGRADECIMENTOS

É com um profundo sentimento de gratidão que venho expressar meus mais sinceros agradecimentos a todos aqueles que, de forma significativa, contribuíram para a realização deste trabalho científico. Cada apoio, palavra de encorajamento e gesto de colaboração foram peças fundamentais na concretização deste projeto. A jornada foi longa e desafiadora, mas o suporte de cada um de vocês tornou essa experiência não apenas possível, mas também extremamente enriquecedora.

Em primeiro lugar, dedico minha mais sincera gratidão à minha família e amigos, que sempre estiveram ao meu lado. O amor incondicional, o apoio constante e a compreensão de vocês foram a base sólida que me sustentou durante toda essa jornada. Nos momentos de estresse e dificuldade, o carinho e os incentivos de cada um foram essenciais para que eu pudesse seguir em frente. Cada palavra de encorajamento e cada gesto de apoio foram de valor incalculável, e sou imensamente grato(a) por ter ao meu redor pessoas tão amorosas, compreensivas e dedicadas.

Em segundo lugar, agradeço a Deus, cuja presença me guiou e fortaleceu em todos os momentos. A fé e a confiança em Sua providência foram meu refúgio em tempos de incerteza e um farol que iluminou meu caminho. Sou grato(a) pela força, pela resiliência e pela inspiração que recebi para superar os desafios e seguir em frente. Este trabalho é também uma manifestação de Sua graça e de Suas bênçãos em minha vida.

Aos professores e ao meu orientador(a), meu mais profundo agradecimento. Sua orientação sábia e seu comprometimento com a excelência acadêmica foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho. Desde o início, sua paciência, dedicação e habilidade em fornecer conselhos perspicazes foram verdadeiramente inspiradoras. Seu suporte, tanto técnico quanto emocional, foi indispensável para enfrentar os desafios e alcançar os resultados almejados. Este trabalho reflete, em grande parte, o impacto positivo de suas orientações e o exemplo de excelência acadêmica que vocês representaram.

Aos colegas e colaboradores em especial colegas de empresas juniores que, com generosidade, compartilharam seus conhecimentos, discutiram ideias e ofereceram críticas construtivas, expresse minha mais sincera gratidão. Cada troca de ideias foi uma oportunidade valiosa de aprendizado e crescimento. A colaboração e o ambiente enriquecedor que vocês proporcionaram foram cruciais para superar obstáculos e alcançar o rigor científico necessário para este projeto.

Finalmente, agradeço a organização e gestão de edifício que possibilitaram a execução desta pesquisa. O suporte para realizar essa pesquisa foi vital para que o trabalho fosse realizado com a qualidade e o detalhamento necessários. A confiança em mim depositada e os recursos disponibilizados foram fundamentais para a concretização deste projeto.

A todos vocês, meu mais profundo obrigado. Cada contribuição, por menor que tenha sido, foi indispensável para o sucesso desta pesquisa, e sou eternamente grato(a) por ter contado com o apoio de tantas pessoas dedicadas e especiais.

RESUMO

SANTOS, A. VINÍCIUS. AVALIAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: UM ESTUDO DE CASO, Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), Centro de Engenharias e Ciências agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, AL, 2024.

A crescente conscientização global sobre as mudanças climáticas e a necessidade urgente de reduzir o consumo de energia têm motivado a busca por soluções que promovam a eficiência energética em diversos setores. Nesse cenário, a avaliação de medidas de eficiência energética em edifícios residenciais se mostrou essencial, considerando o impacto significativo desses edifícios no consumo global de eletricidade e combustíveis. A melhoria na eficiência energética não só reduz os custos operacionais para os moradores, mas também desempenha um papel crucial na mitigação das mudanças climáticas, na conservação dos recursos naturais e na promoção de sociedades mais sustentáveis. Essa avaliação, realizada no Edifício Aquabali, foi além de uma simples revisão do consumo energético, englobando uma análise abrangente de isolamento térmico, sistemas de iluminação, climatização e o uso de tecnologias inteligentes para a gestão da eletricidade. A identificação precisa das áreas a serem otimizadas e a medição dos impactos econômicos, ambientais e sociais das intervenções foram cruciais para garantir que as soluções implementadas sejam eficazes e duradouras. À medida que a urbanização se intensifica e as cidades se expandem, a eficiência energética em edifícios residenciais torna-se não apenas uma estratégia desejável, mas um imperativo. As cidades, que concentram a maior parte da demanda por energia, também são responsáveis por uma fração significativa das emissões de gases de efeito estufa e da produção de resíduos. Melhorar o desempenho energético desses edifícios é uma maneira direta de reduzir a pegada de carbono e enfrentar as pressões ambientais globais. Além disso, edifícios energeticamente eficientes proporcionam melhores condições de conforto para os seus ocupantes, incluindo controle térmico, iluminação adequada e qualidade do ar interior, o que resulta em uma maior qualidade de vida. A avaliação realizada no Edifício Aquabali identificou oportunidades de melhoria no desempenho energético, com foco na redução do consumo de energia e na diminuição da pegada de carbono. A análise abrangeu aspectos como ventilação, climatização, iluminação natural e artificial, além da integração de energias renováveis e da conformidade com normas de etiquetagem energética. Essa avaliação revelou que o edifício está alinhado com os padrões de eficiência energética estabelecidos, e propôs melhorias práticas que possam ser implementadas para otimizar a sustentabilidade e reduzir os custos de operação. Em um cenário onde a pressão por sustentabilidade é crescente, a eficiência energética se posiciona como um dos principais pilares na construção de um futuro mais equilibrado e ecologicamente responsável.

Palavras-chave: Eficiência energética; edifícios residenciais; sustentabilidade; consumo de energia.

ABSTRACT

SANTOS, A. VINÍCIUS. EVALUATION OF ENERGY EFFICIENCY MEASURES: A CASE STUDY, Final Course Work (TCC), Center for Engineering and Agricultural Sciences (CECA), Federal University of Alagoas, Rio Largo, AL, 2024.

The growing global awareness of climate change and the urgent need to reduce energy consumption have driven the search for solutions that promote energy efficiency across various sectors. In this context, the assessment of energy efficiency measures in residential buildings has proven essential, considering the significant impact of these buildings on global electricity and fuel consumption. Improving energy efficiency not only reduces operational costs for residents but also plays a crucial role in mitigating climate change, conserving natural resources, and fostering more sustainable societies. This assessment, carried out at the Aquabali Building, went beyond a simple review of energy consumption, encompassing a comprehensive analysis of thermal insulation, lighting systems, climate control, and the use of smart technologies for electricity management. The precise identification of areas for optimization and the measurement of the economic, environmental, and social impacts of interventions were crucial to ensure that the implemented solutions were effective and long-lasting. As urbanization intensifies and cities expand, energy efficiency in residential buildings becomes not only a desirable strategy but an imperative. Cities, which concentrate most of the energy demand, are also responsible for a significant share of greenhouse gas emissions and waste production. Improving the energy performance of these buildings is a direct way to reduce the carbon footprint and address global environmental pressures. Additionally, energy-efficient buildings provide better comfort conditions for their occupants, including thermal control, proper lighting, and indoor air quality, resulting in a higher quality of life. The evaluation conducted at the Aquabali Building identified opportunities for improvement in energy performance, focusing on reducing energy consumption and lowering the carbon footprint. The analysis covered aspects such as ventilation, climate control, natural and artificial lighting, as well as the integration of renewable energy and compliance with energy labeling standards. This evaluation revealed that the building aligns with established energy efficiency standards and proposed practical improvements that can be implemented to optimize sustainability and reduce operational costs. In a scenario where the pressure for sustainability is increasing, energy efficiency stands as one of the main pillars in building a more balanced and environmentally responsible future.

Keywords: Energy efficiency; residential buildings; sustainability; energy consumption.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Perfil Energético do Brasil, fornecimento de energia primária e participação de fontes de baixas emissões.....	15
Figura 2	Figura 2 - Consumo final de energia dos edifícios em relação a outros setores, 2022	19
Figura 3	- Múltiplos benefícios da Eficiência Energética	22
Figura 4	- Losango de Potência (representando FP, DPF, $\cos\phi$ e $\tan\phi$)	25
Figura 5	- Analisador de energia utilizado na medição, em imagem capturada pelo autor antes da coleta de dados.	31
Figura 6	- Quadro de baixa tensão onde foram realizadas as medições de análise energética.....	32
Figura 7	- Interface da plataforma de monitoramento de energia "ISSO", apresentando dados em tempo real sobre tensões, correntes, desequilíbrios e diagramas fasoriais.....	34
Figura 8	- Ambiente das áreas comuns onde mais são utilizados os condicionadores de ar no edifício.....	35
Figura 9	- Fachada do Edifício Aquabali.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Especificações Técnicas e Características dos Sistemas do Edifício	
Aquabali.....	29
Tabela 2 - Avaliação dos Aspectos de Desempenho Energético do Edifício	
Aquabali.....	30
Tabela 3 - Resultados da Avaliação das Instalações Energéticas do Edifício	
Aquabali.....	40

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	– Gráfico ilustrando o consumo diário de energia elétrica em kWh do edifício no período de 29 de novembro de 2023 a 29 de dezembro de 2023.....	43
Gráfico 2	– Potência ativa no período entre 18h00 e 21h00 no dia 29 de novembro de 2023.....	44
Gráfico 3	– Potência ativa no período entre 18h00 e 21h00 no dia 02 de dezembro de 2023.....	45
Gráfico 4	– Potência ativa no período entre 00h00 e 05h00 no dia 30 de novembro de 2023.....	45
Gráfico 5	– Potência ativa no período entre 00h00 e 05h00 no dia 02 de dezembro de 2023.....	46
Gráfico 6	– Potência ativa no período entre os dias 02 e 03 de dezembro de 2023, demonstrando o consumo de energia nos finais de semana.....	47
Gráfico 7	– Gráfico ilustrando o fator de potência por fase do edifício no período de 29 de novembro de 2023 a 29 de dezembro de 2023.....	59
	...	

SUMÁRIO

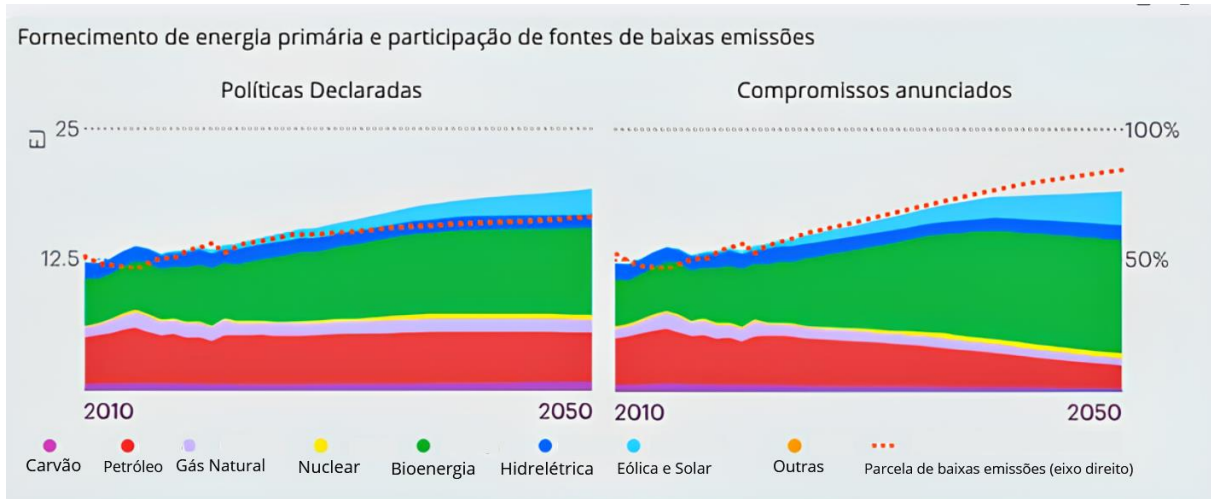
1	INTRODUÇÃO	14
2	JUSTIFICATIVA	17
3	OBJETIVOS	18
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
	4.1 IMPORTÂNCIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS	18
	4.2 TECNOLOGIAS E MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	21
	4.3 FATOR DE POTÊNCIA E SUA IMPORTÂNCIA NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA .	24
	4.4 DESAFIOS E OPORTUNIDADES NA IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS EFICIENTES.....	26
5	METODOLOGIA	29
	5.1 COLETA DE DADOS	29
	5.2 ANÁLISE DOS ASPECTOS DO DESEMPENHO ENERGÉTICO.....	30
	5.3 UTILIZAÇÃO DE DISPOSITIVOS DE MEDIÇÃO.....	30
	5.4 ETAPAS METODOLÓGICAS	32
6	ESTUDO DE CASO	34
	6.1 DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO RESIDENCIAL	34
	6.2 INFRAESTRUTURA ELÉTRICA	36
	6.3 METODOLOGIA DE COLETA DE DADOS	38
7	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
	7.1 ANÁLISE GERAL DO CONSUMO DE ENERGIA	41
	7.2 PADRÕES DE CONSUMO DIÁRIO E SEMANAL.....	43
	7.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E FATOR DE POTÊNCIA	47
	7.4. IDENTIFICAÇÃO DE INEFICIÊNCIAS ENERGÉTICAS	49
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
	REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a eficiência energética emergiu como um tema de destaque nas discussões sobre sustentabilidade e desenvolvimento socioeconômico. Este crescente interesse reflete a alta demanda global por energia e os desafios ambientais cada vez mais urgentes, como as mudanças climáticas (GONZALEZ *et al.*, 2022). A eficiência energética, que se refere à capacidade de produzir bens e serviços com um mínimo de consumo de energia, é essencial para equilibrar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental. Reduzir o desperdício de energia e melhorar a produtividade energética não apenas combate as mudanças climáticas, mas também promove a segurança energética e a competitividade econômica (BERTOLDI *et al.*, 2021). Em particular, os edifícios residenciais são responsáveis por uma parte significativa da demanda global de eletricidade e combustíveis (IEA, 2023). A busca por medidas que aprimorem a eficiência energética nesses ambientes é crucial, uma vez que essas ações podem levar a reduções substanciais nos custos operacionais e promover práticas sustentáveis (UNEP, 2020). Além disso, edifícios energeticamente eficientes contribuem para um melhor conforto dos ocupantes, com controle térmico adequado, iluminação eficiente e qualidade do ar interior (ALI; ODEH, 2023). Portanto, a avaliação e implementação de medidas de eficiência energética em edifícios residenciais não apenas favorecem a economia, mas também desempenham um papel vital na criação de um futuro mais sustentável e ambientalmente responsável.

No contexto brasileiro, a matriz energética apresenta características singulares que destacam a importância da eficiência energética em todos os setores de consumo, incluindo os edifícios residenciais. Com uma forte predominância de fontes renováveis, como a energia hidrelétrica, que responde por cerca de 60% da geração elétrica nacional, o Brasil se posiciona como um dos países com menor emissão de gases de efeito estufa no setor elétrico (IEA, 2023). No entanto, essa dependência das hidrelétricas também gera vulnerabilidades, especialmente em períodos de estiagem prolongada, que têm se tornado mais frequentes devido às mudanças climáticas (GONZALEZ *et al.*, 2022).

Figura 1 - Perfil Energético do Brasil, fornecimento de energia primária e participação de fontes de baixas emissões



Fonte: *Global Energy Review: CO2 Emissions in 2023. International Energy Agency, 2023*

Durante esses períodos, o acionamento de termelétricas, que possuem maior custo de operação e maior impacto ambiental, é intensificado para suprir a demanda. Esse cenário reforça a necessidade de práticas de eficiência energética como uma estratégia para mitigar pressões sobre o sistema elétrico, promovendo o uso mais racional da energia disponível e reduzindo a dependência de fontes complementares não renováveis.

Nos edifícios residenciais, que são responsáveis por uma fração significativa do consumo de energia elétrica no país, a eficiência energética surge como uma ferramenta indispensável para alinhar o consumo às capacidades do sistema. A implementação de tecnologias como isolamento térmico eficiente, iluminação LED e automação de sistemas elétricos pode contribuir para reduzir a carga durante os horários de pico, quando a demanda é mais alta, promovendo economia de energia e menores custos para os consumidores (BERTOLDI *et al.*, 2021). Além disso, essas medidas auxiliam na redução das emissões associadas ao uso de energia, contribuindo para as metas nacionais de sustentabilidade e descarbonização.

Com a urbanização crescente e a expansão das cidades brasileiras, a eficiência energética em edifícios residenciais não é apenas uma questão técnica, mas também estratégica para o desenvolvimento sustentável. Investir em soluções que otimizem o uso da energia nesses ambientes representa um avanço significativo para a gestão integrada da matriz

energética nacional, ajudando a equilibrar a oferta renovável e a demanda crescente de forma sustentável e resiliente.

A escolha de focar em edifícios residenciais para esta pesquisa é estratégica, considerando a sua grande contribuição para o consumo de energia e o potencial de melhorias. A questão central deste estudo é: quais medidas são mais eficazes para otimizar o consumo energético em edifícios residenciais e quais são os impactos econômicos, ambientais e sociais dessas medidas? Este problema é crucial para a formulação de estratégias que visem não apenas a redução de custos operacionais, mas também a promoção de práticas sustentáveis em um setor significativo para as emissões de gases de efeito estufa (LEBSACK *et al.*, 2022). Com o avanço da urbanização e a expansão das cidades, é imperativo adotar práticas que melhorem a eficiência energética (OECD, 2023). A pesquisa visa realizar uma avaliação abrangente das medidas de eficiência energética implementadas no Edifício Aquabali, localizado em Maceió. Este estudo incluirá a análise detalhada de aspectos como isolamento térmico, sistemas de iluminação, climatização e tecnologias inteligentes para gestão da eletricidade. A identificação de áreas a serem otimizadas e a avaliação dos impactos das intervenções serão fundamentais para garantir a eficácia das soluções adotadas.

O problema de pesquisa que orienta este estudo é: como a implementação de medidas de eficiência energética em edifícios residenciais pode ser otimizada para maximizar os benefícios econômicos, ambientais e sociais? Em outras palavras, como podemos identificar e aplicar as estratégias mais eficazes para reduzir o consumo de energia e a pegada de carbono, enquanto melhoramos o conforto e a qualidade de vida dos ocupantes? Este problema de pesquisa é central para a formulação de políticas e práticas que garantam um futuro sustentável e eficiente (BAKER *et al.*, 2022). Através da análise detalhada das medidas aplicadas no Edifício Aquabali, o estudo buscará respostas para essas questões, oferecendo subsídios importantes para a implementação de soluções práticas e eficazes em diferentes contextos urbanos.

2 JUSTIFICATIVA

Com a urbanização acelerada e a crescente concentração populacional nas cidades, torna-se cada vez mais imperativo que arquitetos, designers e engenheiros desempenhem um papel ativo na criação de soluções sustentáveis. Atualmente, as cidades absorvem aproximadamente metade da produção mundial de energia e são responsáveis por gerar uma parte significativa dos resíduos sólidos e das emissões de gases de efeito estufa. Este desequilíbrio é alarmante, pois as cidades não apenas consomem recursos naturais de maneira desproporcional, mas também enfrentam sérios desafios na gestão desses recursos e na minimização de seus impactos ambientais. Ao promover a utilização mais eficaz da energia em edificações, é possível reduzir o consumo de recursos naturais, diminuir a produção de resíduos e mitigar as emissões de gases nocivos. Esse enfoque é fundamental para criar cidades que não apenas atendam às necessidades atuais, mas que também garantam a preservação ambiental para as futuras gerações.

Além disso, a busca por uma maior eficiência energética nos edifícios representa um avanço crucial em direção a uma economia mais sustentável e responsável. A eficiência energética não se limita apenas à redução de custos operacionais, mas também abrange a melhoria das condições de vida dos ocupantes. Edifícios que utilizam a energia de maneira mais eficiente proporcionam ambientes mais confortáveis, com melhor controle térmico, iluminação adequada e qualidade do ar interior. Essas melhorias não só contribuem para o bem-estar dos habitantes, mas também ajudam a alcançar metas de sustentabilidade global. A implementação de tecnologias avançadas e práticas de construção sustentável é vital para transformar o setor de construção e gestão de edificações. Portanto, a avaliação e a aplicação de medidas de eficiência energética são indispensáveis para enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas e para promover um desenvolvimento urbano equilibrado e sustentável. Este esforço é crucial para criar um futuro onde o crescimento das cidades não comprometa a qualidade de vida e a integridade ambiental, mas, ao contrário, contribua para um mundo mais verde e saudável.

3 OBJETIVOS

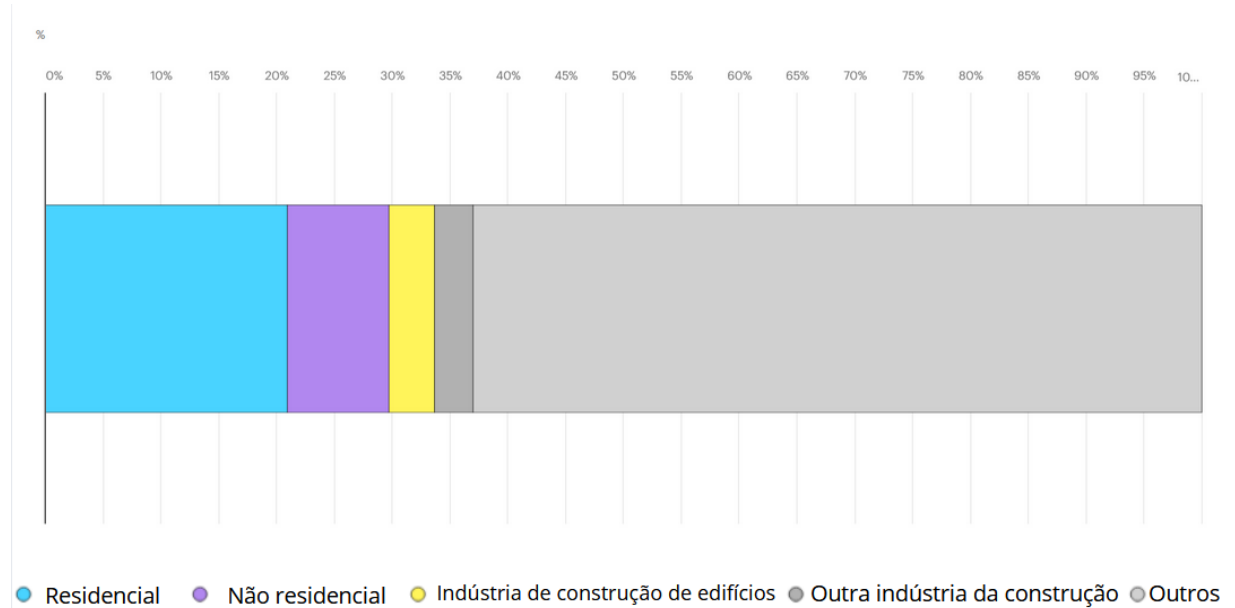
Realizar uma avaliação abrangente das instalações energéticas da edificação com o intuito de aprimorar seu desempenho energético, reduzir o consumo de energia e promover economias substanciais nos custos operacionais, ao mesmo tempo em que se minimiza a pegada de carbono. O objetivo é implementar soluções eficientes que integrem tecnologias avançadas e práticas sustentáveis para otimizar o uso de energia, atendendo às necessidades específicas da edificação e contribuindo para a sustentabilidade global.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 IMPORTÂNCIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS

A eficiência energética tem se tornado uma prioridade crescente no contexto dos edifícios residenciais devido à necessidade urgente de enfrentar os desafios ambientais globais, como as mudanças climáticas e o esgotamento dos recursos naturais. A eficiência energética refere-se à capacidade de obter o mesmo nível de serviços e conforto com uma menor quantidade de energia, o que resulta em economia e na redução das emissões de gases de efeito estufa (GONZALEZ; LOPES; PEREIRA, 2022). Com a urbanização acelerada e a expansão das cidades, os edifícios residenciais representam uma parte significativa da demanda energética global. De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA, 2023), os edifícios são responsáveis por aproximadamente 40% do consumo total de energia e por uma parcela considerável das emissões de CO₂, o que destaca a necessidade urgente de melhorar a eficiência energética neste setor.

Figura 2 - Consumo final de energia dos edifícios em relação a outros setores, 2022



Fonte: *Global Energy Review: CO2 Emissions in 2023. International Energy Agency, 2023*

Investir em eficiência energética não só contribui para a mitigação das mudanças climáticas, mas também para a redução dos custos operacionais dos edifícios. Estudos indicam que melhorias na eficiência energética podem levar a economias significativas nos custos com eletricidade e aquecimento (BERTOLDI; ATANASOVA; BOSELLE, 2021). Em termos práticos, isso significa que a implementação de tecnologias e práticas mais eficientes pode resultar em reduções de até 30% no consumo de energia, dependendo do tipo de intervenção realizada e das condições iniciais do edifício.

Além dos benefícios econômicos, a eficiência energética tem um impacto direto na qualidade de vida dos ocupantes dos edifícios. A instalação de sistemas eficientes de climatização e iluminação pode melhorar significativamente o conforto térmico e a qualidade do ar interior, criando ambientes mais agradáveis e saudáveis para os moradores (ALI; ODEH, 2023). Edifícios bem projetados em termos de eficiência energética proporcionam melhor controle das condições internas, reduzindo o risco de problemas relacionados à umidade e à poluição do ar interno, que podem afetar a saúde e o bem-estar dos ocupantes.

Os benefícios da eficiência energética também se refletem na sustentabilidade a longo prazo dos edifícios. A adoção de práticas e tecnologias que promovem a eficiência energética contribui para a redução da pegada de carbono dos edifícios, ajudando a cumprir os compromissos internacionais de redução de emissões (GONZALEZ; LOPES; PEREIRA,

2022). Em um cenário de crescente pressão para atender a metas de sustentabilidade, melhorar a eficiência energética dos edifícios é uma estratégia crucial para avançar em direção a um futuro mais sustentável.

A importância da eficiência energética é ainda mais evidente quando se considera o impacto global do setor de construção. Edifícios residenciais desempenham um papel fundamental na demanda energética global, e pequenas melhorias na eficiência podem resultar em grandes reduções no consumo total de energia (IEA, 2023). Assim, políticas e práticas voltadas para a eficiência energética não só ajudam a reduzir o impacto ambiental dos edifícios, mas também promovem um uso mais racional dos recursos naturais disponíveis.

Por outro lado, a eficiência energética em edifícios residenciais pode enfrentar desafios relacionados a custos iniciais e resistência a mudanças. A implementação de tecnologias eficientes pode exigir investimentos significativos, e muitos proprietários e gestores de edifícios podem hesitar em adotar essas medidas devido ao custo inicial (BERTOLDI; ATANASOVA; BOSELLE, 2021). No entanto, é importante considerar que esses investimentos frequentemente se pagam ao longo do tempo através das economias geradas na conta de energia e dos benefícios adicionais relacionados ao conforto e à saúde dos ocupantes.

Além das questões financeiras, a eficiência energética também pode ser impactada por fatores técnicos e operacionais. A integração de tecnologias avançadas, como sistemas de gestão inteligente da energia, pode exigir conhecimento especializado e treinamento adicional para garantir que sejam utilizadas de forma eficaz (ALMEIDA; FELIPE; MARQUES, 2023). Portanto, a capacitação de profissionais e a promoção de boas práticas são essenciais para maximizar os benefícios das intervenções de eficiência energética.

A implementação de medidas de eficiência energética deve ser acompanhada de uma avaliação contínua e de ajustes conforme necessário. Estudos demonstram que a eficácia das intervenções pode ser melhorada com monitoramento constante e ajustes periódicos, garantindo que os sistemas e práticas permaneçam alinhados com os objetivos de eficiência (RIBEIRO; PINTO, 2022). A avaliação pós-implementação é crucial para identificar áreas de melhoria e para garantir que as economias e os benefícios esperados sejam alcançados.

Outro aspecto importante é a integração de soluções inovadoras e tecnologias emergentes no design e na operação de edifícios residenciais. Tecnologias como painéis solares fotovoltaicos e sistemas de armazenamento de energia estão se tornando cada vez mais acessíveis e podem oferecer soluções eficazes para melhorar a eficiência energética e reduzir a dependência de fontes de energia não renováveis (GONÇALVES; SILVA; ALMEIDA,

2023). Essas tecnologias não apenas contribuem para a eficiência energética, mas também oferecem uma oportunidade para reduzir o impacto ambiental e promover a sustentabilidade.

O papel das políticas públicas e regulamentações também é fundamental para promover a eficiência energética em edifícios residenciais. Incentivos fiscais, subsídios e normas de construção podem influenciar significativamente a adoção de práticas e tecnologias eficientes (BAKER; SMITH; THOMPSON, 2022). Políticas bem formuladas e implementadas podem criar um ambiente favorável para a inovação e a adoção de soluções sustentáveis, incentivando proprietários e desenvolvedores a investir em eficiência energética.

Finalmente, a conscientização e o engajamento dos ocupantes dos edifícios são essenciais para o sucesso das iniciativas de eficiência energética. Programas de educação e sensibilização podem ajudar a promover práticas de consumo consciente e a garantir que os ocupantes entendam a importância das medidas implementadas e como contribuir para a eficiência energética do edifício (ALI; ODEH, 2023). O envolvimento dos ocupantes é um fator crucial para garantir que as intervenções sejam utilizadas de forma eficaz e que os benefícios sejam plenamente realizados.

4.2 TECNOLOGIAS E MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O avanço das tecnologias e a implementação de medidas eficazes são fundamentais para promover a eficiência energética em edifícios residenciais. Entre as tecnologias mais eficazes estão o isolamento térmico, os sistemas de climatização eficientes e a iluminação de baixo consumo. O isolamento térmico, por exemplo, reduz a perda de calor e melhora a eficiência dos sistemas de climatização, resultando em menor consumo de energia para aquecimento e resfriamento (ALMEIDA; FELIPE; MARQUES, 2023). Estudos indicam que o isolamento adequado pode reduzir significativamente a demanda por energia em edifícios, contribuindo para economias substanciais e para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

Figura 3 – Múltiplos benefícios da Eficiência Energética



Fonte: IEA, 2014

A instalação de sistemas de climatização eficientes também é crucial para melhorar a eficiência energética dos edifícios residenciais. Tecnologias como bombas de calor e sistemas de aquecimento e resfriamento de alta eficiência podem proporcionar um desempenho superior em comparação com sistemas tradicionais, reduzindo o consumo de energia e melhorando o conforto dos ocupantes (ARAÚJO; ROCHA, 2020). Além disso, a integração de sistemas de climatização com tecnologias de controle inteligente pode otimizar o uso de energia e garantir que a climatização seja ajustada de acordo com as necessidades reais dos ocupantes e as condições climáticas externas.

A iluminação eficiente é outro aspecto importante da eficiência energética em edifícios residenciais. A substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas LED, por exemplo, pode reduzir significativamente o consumo de energia, pois as lâmpadas LED consomem até 80% menos energia e têm uma vida útil muito mais longa (GONÇALVES; SILVA;

ALMEIDA, 2023). Além disso, sistemas de controle de iluminação, como sensores de movimento e reguladores de intensidade, podem ajudar a reduzir ainda mais o consumo de energia, garantindo que a iluminação esteja disponível apenas quando necessário.

Sistemas de gestão inteligente da energia desempenham um papel crucial na otimização do uso da energia em edifícios residenciais. Esses sistemas utilizam tecnologia avançada para monitorar e controlar o consumo de energia em tempo real, identificando áreas de ineficiência e ajustando automaticamente o uso da energia para maximizar a eficiência (RIBEIRO; PINTO, 2022). A integração de sistemas de gestão inteligente com outras tecnologias, como painéis solares e baterias de armazenamento, pode oferecer soluções ainda mais eficazes para reduzir o consumo de energia e a pegada de carbono dos edifícios.

A implementação de tecnologias de energia renovável, como painéis solares fotovoltaicos, pode também contribuir significativamente para a eficiência energética dos edifícios residenciais. Estudos demonstram que a instalação de sistemas solares pode reduzir a dependência de fontes de energia não renováveis e diminuir os custos com eletricidade (GONÇALVES; SILVA; ALMEIDA, 2023). Além disso, a combinação de energia solar com sistemas de armazenamento pode oferecer uma solução eficaz para o fornecimento de energia durante períodos de alta demanda ou quando a geração solar não é suficiente.

A manutenção e a atualização regular dos sistemas energéticos são essenciais para garantir que os edifícios mantenham altos níveis de eficiência ao longo do tempo. A manutenção preventiva e corretiva ajuda a identificar e resolver problemas antes que eles se tornem mais graves e custosos, garantindo que os sistemas de climatização, iluminação e outros componentes operem de forma otimizada (LIMA; FERREIRA; ALVES, 2022). A implementação de um programa de manutenção eficaz pode prolongar a vida útil dos sistemas e maximizar os benefícios da eficiência energética.

Outra tecnologia promissora para a eficiência energética em edifícios residenciais é a automação residencial. Sistemas de automação permitem o controle centralizado de vários aspectos da casa, como iluminação, climatização e segurança, utilizando sensores e controladores inteligentes (SMITH, 2021). A automação pode ajustar automaticamente as configurações de acordo com as condições ambientais e as preferências dos ocupantes, resultando em uma gestão mais eficiente da energia e maior conforto.

O uso de materiais de construção sustentáveis e de baixo impacto ambiental também é uma medida importante para melhorar a eficiência energética dos edifícios. Materiais como vidro de alto desempenho, revestimentos refletivos e isolamento ecológico podem contribuir para a redução do consumo de energia e para a melhoria do desempenho térmico dos edifícios

(GONZÁLEZ; LOPEZ; PEREIRA, 2022). A escolha de materiais sustentáveis não apenas melhora a eficiência energética, mas também reduz o impacto ambiental associado à construção e manutenção dos edifícios.

As práticas de construção verde e as certificações ambientais, como LEED e BREEAM, oferecem diretrizes e padrões para a implementação de tecnologias e práticas eficientes em edifícios residenciais. A adesão a essas certificações pode garantir que os edifícios atendam a requisitos rigorosos de eficiência energética e sustentabilidade (BAKER; SMITH; THOMPSON, 2022). Além disso, a obtenção de certificações pode agregar valor ao imóvel e proporcionar benefícios adicionais aos proprietários e ocupantes.

A avaliação e a simulação do desempenho energético durante a fase de projeto podem ajudar a otimizar as soluções de eficiência energética antes da construção. Ferramentas de modelagem energética e simulação permitem prever o desempenho dos sistemas e identificar possíveis áreas de melhoria (RIBEIRO; PINTO, 2022). Esses estudos prévios são fundamentais para garantir que as medidas de eficiência energética sejam integradas de forma eficaz no projeto e na construção do edifício.

Além das tecnologias específicas, a integração de soluções baseadas em economia circular pode oferecer benefícios adicionais para a eficiência energética. A economia circular promove a reutilização de materiais e a redução de resíduos, o que pode complementar as estratégias de eficiência energética e contribuir para um desenvolvimento mais sustentável (SMITH, 2021). Incorporar princípios da economia circular no design e na operação dos edifícios pode ajudar a reduzir o impacto ambiental e promover práticas mais responsáveis.

Por fim, a colaboração entre diferentes partes interessadas, como arquitetos, engenheiros e proprietários, é essencial para o sucesso das iniciativas de eficiência energética. A coordenação e o trabalho conjunto garantem que as soluções sejam implementadas de forma integrada e que os objetivos de eficiência energética sejam alcançados (ALMEIDA; FELIPE; MARQUES, 2023). A colaboração eficaz entre todos os envolvidos pode levar a melhores resultados e a uma maior adoção de práticas e tecnologias eficientes.

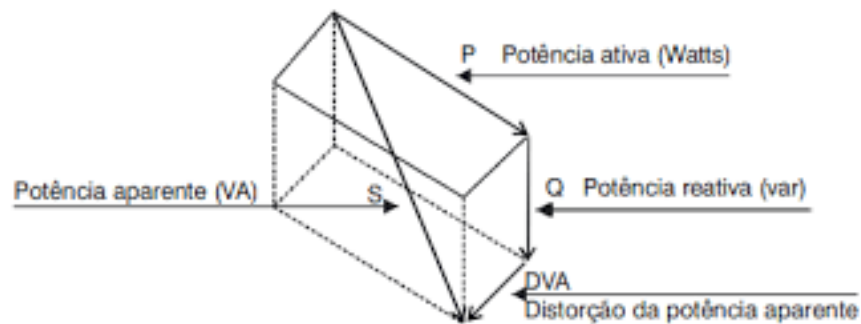
4.3 FATOR DE POTÊNCIA E SUA IMPORTÂNCIA NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O fator de potência é uma medida fundamental para avaliar a eficiência com que a energia elétrica é utilizada em um sistema, especialmente em edificações residenciais. Ele indica a relação entre a potência ativa, que realiza trabalho útil, e a potência aparente, que representa a energia total fornecida pela rede elétrica. Valores ideais, próximos de 1, indicam

que quase toda a energia consumida está sendo convertida em trabalho útil, enquanto valores abaixo disso indicam a presença de potência reativa, que não contribui diretamente para o desempenho, mas gera sobrecargas no sistema elétrico (CRUZ; SILVA; SANCHEZ, 2020).

Além do fator de potência de deslocamento (DPF), que considera apenas a defasagem entre a tensão e a corrente na frequência fundamental, é importante destacar o fator de potência real (FP). Esse índice leva em consideração não apenas a defasagem angular entre tensão e corrente, mas também os ângulos de defasagem de cada harmônica presente no sistema e a potência reativa necessária para produzi-las. Dessa forma, o fator de potência real é sempre menor que o fator de potência de deslocamento, e qualquer correção do sistema elétrico deve ser feita com base nele.

Figura 4 - Losango de Potência (representando FP, DPF, $\cos\phi$ e $\tan\phi$)



Fonte: CCPG Engenharia

A correção do fator de potência em edificações é uma estratégia eficaz para melhorar a eficiência energética e reduzir os custos associados à demanda de energia reativa. Em edifícios residenciais, isso pode ser feito pela instalação de capacitores, que compensam a potência reativa, reduzindo perdas no sistema e aumentando sua estabilidade. Além disso, essa medida previne penalidades financeiras impostas por concessionárias devido a fatores de potência baixos (ARAÚJO; ROCHA, 2020).

A implementação de estratégias para manter o fator de potência em níveis adequados contribui significativamente para a sustentabilidade do consumo energético. Em edificações residenciais com alto uso de motores e equipamentos elétricos, como bombas d'água e sistemas de climatização, a atenção a essa métrica é essencial. Estudos apontam que a correção do fator de potência, associada a outras medidas de eficiência energética, como o uso de iluminação LED e sistemas automatizados de gerenciamento de energia, pode levar a

economias substanciais e à melhoria do desempenho geral do edifício (GONÇALVES; SILVA; ALMEIDA, 2023).

Por fim, a manutenção contínua do fator de potência é crucial para garantir que o sistema elétrico funcione de maneira eficiente e estável ao longo do tempo. A utilização de dispositivos de monitoramento e a realização de manutenções preventivas são práticas recomendadas para assegurar níveis ideais de eficiência energética (LIMA; FERREIRA; ALVES, 2022).

4.4 DESAFIOS E OPORTUNIDADES NA IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS EFICIENTES

A implementação de medidas de eficiência energética em edifícios residenciais enfrenta diversos desafios, muitos dos quais estão relacionados a aspectos econômicos, técnicos e sociais. Um dos principais desafios é o custo inicial das tecnologias e práticas de eficiência energética. Embora muitas dessas medidas resultem em economias significativas a longo prazo, o investimento inicial pode ser um obstáculo para muitos proprietários e desenvolvedores (BERTOLDI; ATANASOVA; BOSELLE, 2021). Para superar esse desafio, é fundamental promover políticas de incentivo e subsídios que ajudem a reduzir o custo inicial e tornem as melhorias mais acessíveis.

Além do custo inicial, a implementação de medidas de eficiência energética pode enfrentar resistência devido à falta de conhecimento e conscientização sobre os benefícios dessas tecnologias. Muitos proprietários e gestores podem não estar cientes das vantagens de investir em eficiência energética ou podem ter dúvidas sobre a eficácia das soluções disponíveis (ALI; ODEH, 2023). Programas de educação e campanhas de conscientização são essenciais para informar e educar o público sobre a importância e os benefícios da eficiência energética, incentivando a adoção de práticas mais sustentáveis.

Outro desafio significativo é a necessidade de conformidade com regulamentações e normas vigentes. As regulamentações podem variar de acordo com a localização e o tipo de construção, e cumprir essas exigências pode ser complexo e exigir esforços adicionais (IEA, 2023). No entanto, essas regulamentações também podem criar oportunidades para a inovação e a melhoria contínua, incentivando a adoção de tecnologias e práticas avançadas que atendam aos requisitos legais e às metas de sustentabilidade.

A integração de novas tecnologias nos sistemas existentes pode ser um desafio técnico significativo. A modernização de edifícios antigos para incorporar tecnologias mais eficientes

pode exigir adaptações e reformas que podem ser complexas e dispendiosas (GONÇALVES; SILVA; ALMEIDA, 2023). A solução para esse desafio pode incluir o desenvolvimento de tecnologias adaptáveis e a criação de soluções específicas para a modernização de edifícios existentes, permitindo que mais propriedades se beneficiem das melhorias em eficiência energética.

A falta de profissionais qualificados e especializados em eficiência energética pode limitar a eficácia das intervenções. A implementação bem-sucedida de tecnologias e práticas eficientes requer conhecimento técnico e experiência, e a falta desses recursos pode afetar a qualidade e o sucesso das medidas adotadas (LIMA; FERREIRA; ALVES, 2022). Investir na formação e capacitação de profissionais é essencial para garantir que as intervenções sejam realizadas de forma eficaz e que os objetivos de eficiência energética sejam atingidos.

Por outro lado, as oportunidades para superar esses desafios são numerosas e podem levar a avanços significativos na eficiência energética. A inovação tecnológica é uma área de grande potencial, com o desenvolvimento de novas soluções e abordagens que podem tornar as melhorias mais acessíveis e eficazes (SMITH, 2021). A colaboração entre instituições de pesquisa, empresas e governos pode impulsionar a inovação e promover o desenvolvimento de tecnologias mais avançadas e adaptáveis às necessidades específicas dos edifícios residenciais.

Além das oportunidades tecnológicas, as políticas públicas e os incentivos desempenham um papel crucial na promoção da eficiência energética. Políticas que oferecem subsídios, incentivos fiscais e regulamentações favoráveis podem ajudar a reduzir os custos e a facilitar a adoção de práticas eficientes (BAKER; SMITH; THOMPSON, 2022). A criação de um ambiente regulatório favorável pode incentivar proprietários e desenvolvedores a investir em melhorias de eficiência energética e a adotar soluções sustentáveis.

A integração de princípios de economia circular na eficiência energética oferece uma oportunidade para criar soluções mais sustentáveis e reduzir o impacto ambiental. A economia circular promove a reutilização de materiais e a minimização de resíduos, o que pode complementar as estratégias de eficiência energética e contribuir para um desenvolvimento mais sustentável (SMITH, 2021). Incorporar esses princípios no design e na operação dos edifícios pode levar a uma abordagem mais holística e eficaz para a gestão da energia.

A colaboração e o engajamento das partes interessadas são fundamentais para superar os desafios e aproveitar as oportunidades na implementação de medidas de eficiência energética. Arquitetos, engenheiros, proprietários e gestores devem trabalhar juntos para garantir que as soluções sejam integradas de forma eficaz e que os objetivos de eficiência

energética sejam alcançados (ALMEIDA; FELIPE; MARQUES, 2023). A colaboração eficaz pode levar a melhores resultados e a uma maior adoção de práticas e tecnologias eficientes.

Finalmente, a conscientização e o envolvimento dos ocupantes dos edifícios são cruciais para o sucesso das iniciativas de eficiência energética. Os ocupantes desempenham um papel importante na utilização eficaz das tecnologias e práticas implementadas, e programas de educação e sensibilização podem ajudar a promover práticas de consumo consciente e a garantir que os benefícios sejam plenamente realizados (ALI; ODEH, 2023). O envolvimento ativo dos ocupantes é essencial para maximizar os benefícios da eficiência energética e promover uma cultura de sustentabilidade.

5 METODOLOGIA

A metodologia deste estudo foi elaborada para proporcionar uma avaliação aprofundada do desempenho energético do Edifício Aquabali, localizado na Av. Pio XII, 640 - Jatiúca, Maceió - AL, 57035-560. A pesquisa, já concluída, envolveu quatro etapas principais: coleta de dados, análise dos aspectos que afetam o desempenho energético, utilização de dispositivos de medição e análise dos dados coletados.

5.1 COLETA DE DADOS

A coleta de dados inicial incluiu a coleta e análise de informações sobre as instalações do edifício. Este processo envolveu a obtenção de especificações técnicas dos sistemas de ventilação e climatização (*Heating, Ventilation and Air Conditioning – HVAC*), iluminação, isolamento térmico, janelas e equipamentos. Foi também elaborado o histórico de consumo de energia do edifício, fornecendo uma visão detalhada sobre o uso energético ao longo do tempo. A Tabela 1 apresenta uma síntese das especificações técnicas e características dos principais sistemas do edifício, que foram analisados para avaliar sua contribuição para o consumo de energia. A análise inicial também incluiu a avaliação do quadro geral de energia, visando compreender o perfil de consumo e as grandezas elétricas.

Tabela 1. Especificações Técnicas e Características dos Sistemas do Edifício Aquabali

Sistema	Especificações Técnicas	Descrição
Ventilação e HVAC	Tipo de sistema, capacidade, eficiência	Sistema de ventilação e climatização
Iluminação	Tipo de lâmpadas, intensidade, eficiência	Iluminação artificial e natural
Isolamento Térmico	Materiais utilizados, espessura, eficiência	Isolamento das paredes e telhados
Janelas	Tipo de vidro, eficiência energética	Janelas com controle de radiação solar
Equipamentos	Tipos e modelos, consumo energético	Equipamentos diversos utilizados no edifício

Fonte: elaboração própria (2024)

5.2 ANÁLISE DOS ASPECTOS DO DESEMPENHO ENERGÉTICO

Após a coleta de dados, a análise focou em diversos aspectos que impactam o desempenho energético do edifício. Foram examinados fatores como a localização e orientação do edifício, essenciais para otimizar a captação solar e o sombreamento. A Tabela 2 mostra a avaliação dos aspectos que influenciam a eficiência energética do Edifício Aquabali, incluindo conforto térmico, ventilação e sistemas de climatização. A eficiência dos sistemas de iluminação natural e artificial também foi analisada, além da integração de energias renováveis e a etiquetagem energética do edifício.

Tabela 2. Avaliação dos Aspectos de Desempenho Energético do Edifício Aquabali

Aspecto	Avaliação Detalhada	Impacto no Desempenho Energético
Localização e Orientação	Influência na captação solar e sombreamento	Otimização da eficiência solar
Isolamento Térmico	Eficiência do material e espessura	Controle térmico e economia de energia
Iluminação Natural e Artificial	Intensidade, distribuição e controle	Melhoria da eficiência da iluminação
Conforto Térmico	Temperatura interna e ventilação	Melhoria no conforto dos ocupantes
Sistemas de Climatização	Eficiência e controle de temperatura	Redução de custos e melhoria da eficiência

Fonte: elaboração própria (2024)

5.3 UTILIZAÇÃO DE DISPOSITIVOS DE MEDIÇÃO

O analisador de energia modelo DMI F200R Extra Lite foi utilizado para registrar continuamente parâmetros como tensão, corrente, potência ativa, potência reativa e fator de potência. Este dispositivo foi instalado no quadro de distribuição elétrica de baixa tensão do Edifício Aquabali. A coleta de dados ocorreu ao longo de 30 dias, de 29 de novembro de 2023 a 29 de dezembro de 2023. A utilização do analisador de energia permitiu um monitoramento detalhado e em tempo real do consumo de energia, identificando padrões de uso, picos de demanda e possíveis fontes de ineficiência.

Na fase final, os dados coletados foram analisados para identificar padrões de consumo e áreas de ineficiência energética. A análise revelou áreas que necessitam de melhorias e possibilitou a formulação de recomendações práticas para otimizar o consumo de

energia. Os registros do analisador de energia foram comparados com normas e padrões de eficiência energética, avaliando o desempenho do Edifício Aquabali em relação a critérios estabelecidos. Esta análise não apenas revelou as áreas a serem otimizadas, mas também ajudou a determinar os impactos das intervenções sobre os custos operacionais, o conforto dos ocupantes e a pegada de carbono do edifício.

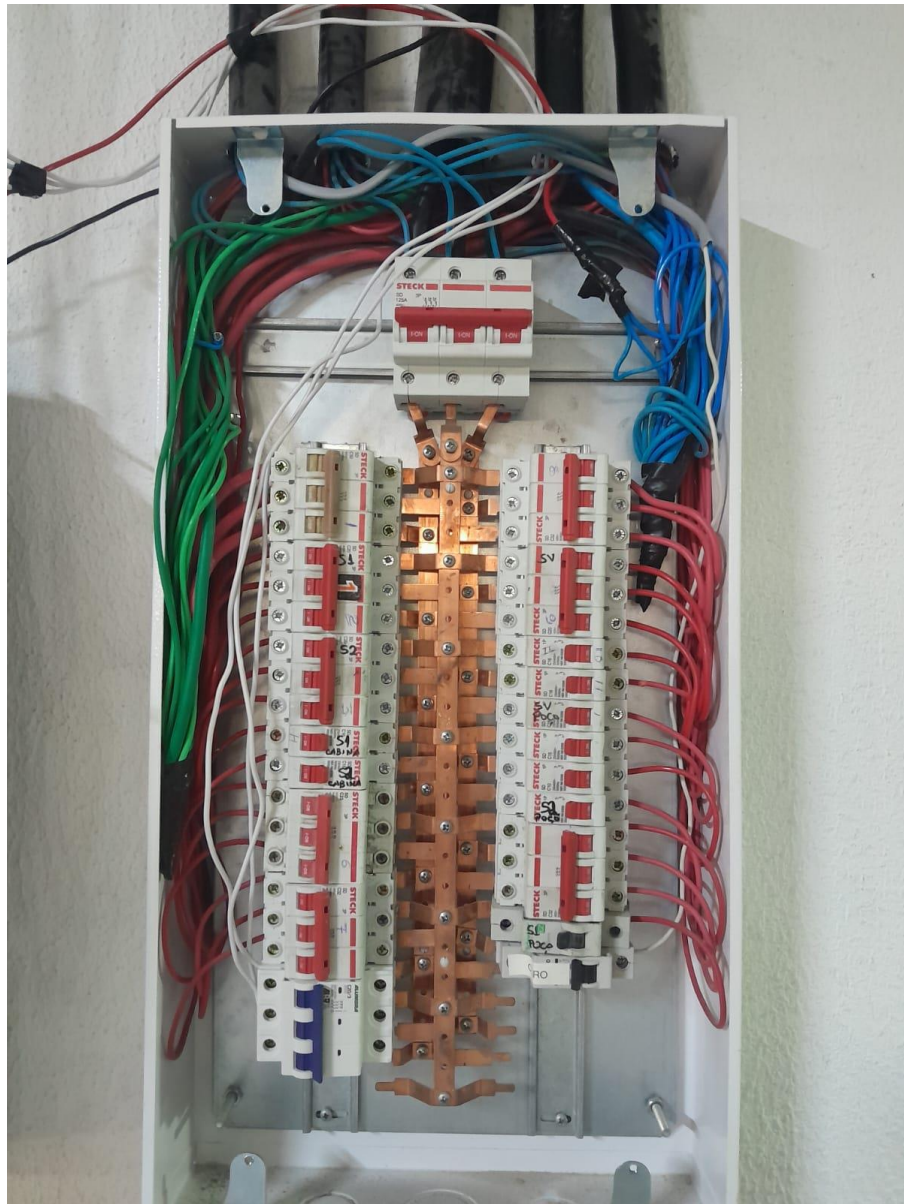
Esta metodologia abrangente garantiu uma avaliação detalhada e eficaz do desempenho energético do Edifício Aquabali, proporcionando insights valiosos para promover uma gestão energética mais eficiente e sustentável.

Figura 5 - Analisador de energia utilizado na medição, em imagem capturada pelo autor antes da coleta de dados.



Fonte: acervo do autor (2023)

Figura 6 - Quadro de baixa tensão onde foram realizadas as medições de análise energética, com imagem capturada pelo autor durante o estudo.



Fonte: acervo do autor (2024).

5.4 ETAPAS METODOLÓGICAS

Para alcançar os objetivos propostos no estudo de eficiência energética do Edifício Aquabali, foram delineadas as seguintes etapas metodológicas:

1. Avaliação do Desempenho Energético e Proposição de Melhorias:

Descrição: Esta etapa envolveu um exame detalhado dos sistemas de energia da edificação, incluindo isolamento térmico, sistemas de climatização, iluminação e gestão inteligente da eletricidade.

Objetivo: Identificar áreas de ineficiência e propor melhorias técnicas e tecnológicas para otimizar o consumo de energia e reduzir os custos operacionais, alinhando a edificação com as melhores práticas e normas de eficiência energética.

2. Análise do Conforto Ambiental e Qualidade de Vida:

Descrição: Avaliação de como as melhorias na eficiência energética impactam o conforto ambiental dos ocupantes.

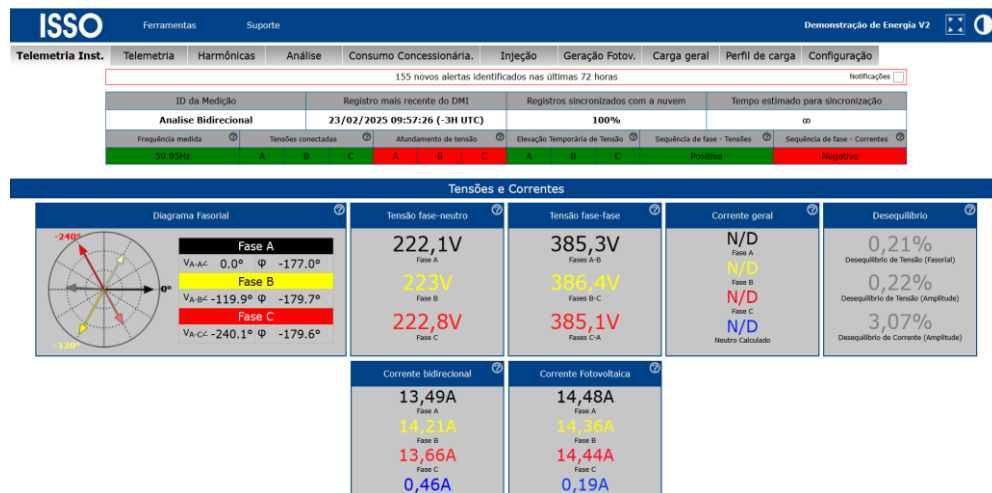
Objetivo: Focar em parâmetros como controle térmico, qualidade do ar interno e iluminação adequada, garantindo que as intervenções propostas não só otimizem o consumo de energia, mas também melhorem as condições de habitabilidade, promovendo um ambiente interno mais saudável e confortável.

3. Avaliação dos Impactos Ambientais e Conformidade Regulatória:

Descrição: Exame dos impactos ambientais das instalações energéticas da edificação.

Objetivo: Reduzir as emissões de gases de efeito estufa e promover práticas de construção sustentáveis. Além disso, verificar a conformidade com os regulamentos e normas vigentes de eficiência energética, assegurando que a edificação esteja alinhada com as exigências legais e contribua para os objetivos globais de sustentabilidade e redução de impacto ambiental.

Figura 7 – Interface da plataforma de monitoramento de energia "ISSO", apresentando dados em tempo real sobre tensões, correntes, desequilíbrios e diagramas fasoriais



Fonte: Adaptado de ISSO DataLog. Disponível em: datalog.issodns.com Acesso em: 24 fev. 2025.

6 ESTUDO DE CASO

6.1 DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO RESIDENCIAL

O Edifício Aquabali é um exemplar notável de uma estrutura residencial urbana localizada no bairro da Jatiúca, em Maceió, AL. Este edifício de médio porte possui uma configuração de 12 andares e 96 unidades habitacionais, tornando-se um caso representativo para o estudo de eficiência energética em contextos residenciais urbanos (ALMEIDA; FELIPE; MARQUES, 2023). Sua estrutura segue padrões comuns em construções metropolitanas, permitindo a análise do consumo de energia em um ambiente que mescla áreas privativas e espaços compartilhados. A escolha deste edifício justifica-se pela possibilidade de avaliar estratégias de eficiência energética aplicáveis a edificações similares (KUMAR; GUPTA, 2019).

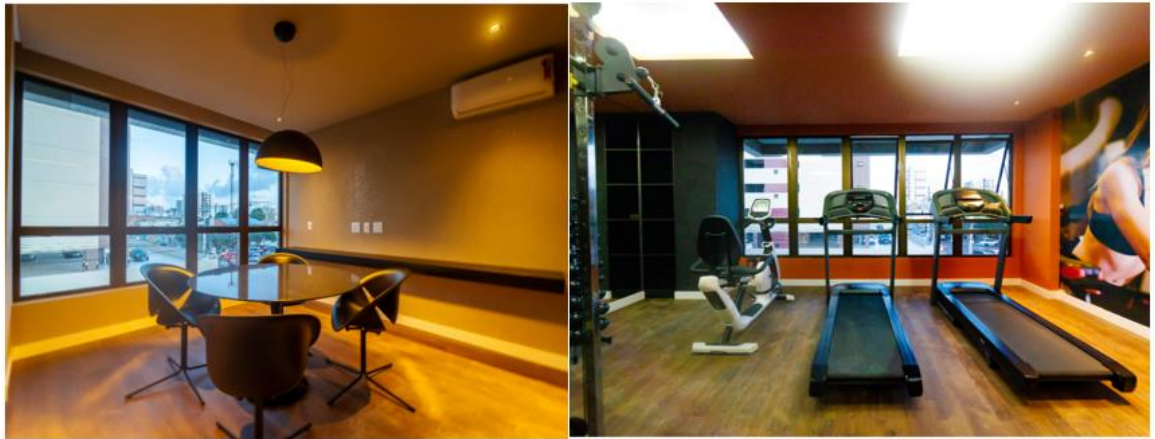
A disposição das unidades habitacionais favorece a otimização da iluminação natural e ventilação. Cada andar conta com 8 unidades habitacionais dispostas ao longo de dois corredores principais, permitindo um acesso facilitado e eficiência na iluminação e climatização dos espaços. Esse fator minimiza a dependência de iluminação artificial e reduz a necessidade de sistemas de resfriamento (ALMEIDA; FELIPE; MARQUES, 2023). Além disso, a presença de janelas amplas e varandas em cada unidade permite a ventilação cruzada, contribuindo para o conforto térmico interno sem elevar o consumo energético.

As áreas comuns do edifício, como corredores e escadarias, representam pontos críticos para o consumo de energia, especialmente devido à iluminação contínua necessária para garantir segurança e funcionalidade. Segundo a metodologia de GONÇALVES; SILVA; ALMEIDA (2023), que orientou a coleta de dados neste estudo, estratégias como a substituição de lâmpadas convencionais por LEDs e a instalação de sensores de presença são medidas eficazes para reduzir esse consumo. Essa abordagem já foi implementada em outros edifícios residenciais urbanos, resultando em uma economia significativa de energia sem comprometer o conforto dos moradores.

A área de lazer do Edifício Aquabali, composta por um salão de festas e uma academia, também exerce impacto considerável no consumo energético. O salão de festas, em especial, apresenta picos de demanda durante eventos que exigem uso intensivo de iluminação e climatização (SMITH, 2021). Já a academia, equipada com aparelhos elétricos de uso recorrente, adiciona uma carga considerável ao consumo global (GONZALEZ; LOPES; PEREIRA, 2022). Conforme observado na metodologia de GONÇALVES; SILVA; ALMEIDA

(2023), otimizações na operação desses espaços, como o uso programado de equipamentos e ventilação natural assistida, podem reduzir a demanda energética.

Figura 8 – Ambiente das áreas comuns onde mais são utilizados os condicionadores de ar no edifício



Fonte: MARCA Construtora Eireli. Disponível em:

www.marcaconstrutoraireli.com.br Acesso em: 20 fev. 2025

O estudo da eficiência energética no Edifício Aquabali deve considerar as particularidades dessas áreas comuns e os desafios que elas apresentam para a gestão energética. A avaliação do consumo nessas áreas pode revelar oportunidades para melhorias, como a instalação de sistemas de controle de iluminação e climatização mais eficientes, que podem reduzir o consumo energético sem comprometer o conforto e a funcionalidade desses espaços (LIMA; FERREIRA; ALVES, 2022). Além disso, a análise da utilização das áreas comuns pode oferecer insights sobre padrões de uso que podem ser utilizados para ajustar a operação dos sistemas de energia e maximizar a eficiência (RIBEIRO; PINTO, 2022).

A localização do Edifício Aquabali em uma região urbana densa também influencia seu consumo de energia. Fatores externos, como temperatura ambiente e incidência solar direta, impactam a climatização das unidades e áreas comuns. Estudos apontam que a instalação de películas refletivas em janelas e coberturas vegetadas são soluções viáveis para mitigar esses efeitos, reduzindo a carga térmica interna e, conseqüentemente, o consumo de ar-condicionado (RIBEIRO; PINTO, 2022).

A análise do Edifício Aquabali oferece uma oportunidade valiosa para investigar estratégias de eficiência energética em edificações urbanas. A combinação entre áreas privativas e espaços compartilhados reflete desafios comuns na gestão energética, tornando este estudo aplicável a outros edifícios com características semelhantes (SMITH, 2021). As

diretrizes propostas por *GONÇALVES; SILVA; ALMEIDA (2023)* sobre medidas eficientes de consumo servem como base para recomendações futuras, alinhadas à redução de custos e ao aumento da sustentabilidade do edifício.

Figura 9 – Fachada do Edifício Aquabali, obtida por meio do Google Maps (2024).



Fonte: Fachada do Edifício Aquabali. Fonte: Google Maps (2024)

6.2 INFRAESTRUTURA ELÉTRICA

A infraestrutura elétrica do Edifício Aquabali é um componente crítico da análise de eficiência energética, pois define a forma como a energia é distribuída e utilizada em todo o edifício. O edifício é equipado com uma rede elétrica trifásica, projetada para garantir uma distribuição equilibrada da carga elétrica e manter a estabilidade do sistema (*OLIVEIRA; LIMA; COSTA, 2023*). Esta configuração é especialmente importante para edifícios de médio

e grande porte, onde a demanda energética pode variar significativamente entre diferentes áreas e unidades (CRUZ; SILVA; SANCHEZ, 2020).

O quadro de distribuição central, localizado no térreo, atua como ponto de controle primário, distribuindo energia entre as unidades habitacionais e espaços compartilhados (BERTOLDI; ATANASOVA; BOSELLE, 2021). O desempenho do quadro de distribuição é essencial para garantir que a energia seja fornecida de forma eficiente e segura, minimizando o risco de sobrecargas e falhas no sistema. A análise desse sistema permite identificar possíveis desequilíbrios de carga e ineficiências que possam ser corrigidas para otimizar o consumo energético (ARAÚJO; ROCHA, 2020).

Cada unidade habitacional no Edifício Aquabali possui um quadro de distribuição individual, que permite um controle e monitoramento mais detalhado do consumo de energia em cada apartamento (LIMA; FERREIRA; ALVES, 2022). Esta configuração é benéfica para a gestão energética, pois permite que os moradores acompanhem seu próprio consumo e adotem medidas para reduzir o uso de energia (LEBSACK; KOVAC; SANDERS, 2022). Além disso, o monitoramento individualizado pode ajudar a identificar padrões de consumo que podem ser utilizados para ajustar os sistemas de energia e implementar estratégias de eficiência (GONZÁLEZ; LOPES; PEREIRA, 2022).

As áreas comuns, que incluem corredores e escadarias, também possuem infraestrutura elétrica relevante para o estudo. O sistema de iluminação, por exemplo, responde por uma parcela considerável do consumo global do edifício. De acordo com a abordagem adotada por GONÇALVES; SILVA; ALMEIDA (2023), medidas como sensores de presença e lâmpadas LED podem reduzir significativamente esse consumo. Essa solução já foi aplicada em edifícios semelhantes e demonstrou eficiência na diminuição de custos operacionais e no prolongamento da vida útil dos equipamentos.

Os sistemas de climatização das áreas comuns, que incluem ventiladores e unidades de ar-condicionado, também desempenham um papel importante na gestão do consumo de energia (LIMA; FERREIRA; ALVES, 2022). A análise desses sistemas deve considerar a eficiência dos equipamentos, a adequação dos controles de temperatura e a utilização de técnicas de resfriamento passivo para reduzir a carga térmica e a demanda sobre os sistemas de climatização (RIBEIRO; PINTO, 2022). Melhorias na eficiência dos sistemas de climatização podem resultar em economias significativas e em uma redução do impacto ambiental do edifício (BERTOLDI; ATANASOVA; BOSELLE, 2021).

Além desses sistemas, a infraestrutura elétrica do edifício inclui os elevadores, que representam uma carga contínua no consumo energético (CRUZ; SILVA; SANCHEZ, 2020).

A instalação de sistemas de recuperação de energia nesses equipamentos pode reduzir significativamente o desperdício (BERTOLDI; ATANASOVA; BOSELLE, 2021). Da mesma forma, os eletrodomésticos das áreas comuns, como geladeiras e cafeteiras, devem ser avaliados quanto à sua eficiência, pois pequenas otimizações nesses equipamentos podem gerar economias relevantes (SMITH, 2021).

Os eletrodomésticos das áreas comuns, como geladeiras e máquinas de café, também são analisados para entender seu impacto no consumo total de energia (GONZÁLEZ; LOPES; PEREIRA, 2022). Embora esses equipamentos sejam utilizados de forma intermitente, sua eficiência pode influenciar significativamente o consumo total do edifício (ALMEIDA; FELIPE; MARQUES, 2023). A adoção de equipamentos mais eficientes e a manutenção adequada dos existentes podem ajudar a reduzir o consumo energético e melhorar a eficiência (SMITH, 2021).

Por fim, a análise da infraestrutura elétrica do Edifício Aquabali deve considerar a interação entre todos esses sistemas e equipamentos. A implementação de melhorias alinhadas às diretrizes de *GONÇALVES; SILVA; ALMEIDA (2023)*, como a automação da iluminação e o ajuste programado do funcionamento de aparelhos elétricos, pode resultar em reduções significativas no consumo energético. A adoção contínua dessas estratégias permitirá que o edifício opere de forma mais eficiente e sustentável (LIMA; FERREIRA; ALVES, 2022).

6.3 METODOLOGIA DE COLETA DE DADOS

A coleta de dados para o estudo de eficiência energética no Edifício Aquabali foi realizada utilizando uma metodologia abrangente e sistemática, visando obter informações precisas e representativas sobre o consumo de energia e o desempenho dos sistemas (BERTOLDI; ATANASOVA; BOSELLE, 2021). A metodologia incluiu a instalação de equipamentos de monitoramento, a análise de registros históricos e a realização de medições diretas para capturar dados detalhados sobre o consumo energético (ALMEIDA; FELIPE; MARQUES, 2023).

A primeira etapa da coleta de dados envolveu a utilização de um analisador de grandezas elétricas, instalado em pontos estratégicos do edifício, incluindo as unidades habitacionais, áreas comuns e sistemas de climatização (GONÇALVES; SILVA; ALMEIDA, 2023). O analisador foi configurado para medir variáveis elétricas em tempo real, permitindo a obtenção de dados detalhados sobre o consumo de energia ao longo do dia (LIMA; FERREIRA; ALVES, 2022). A instalação do equipamento foi realizada com a colaboração

dos profissionais responsáveis pela manutenção do edifício, garantindo que as medições fossem conduzidas de forma adequada e segura (RIBEIRO; PINTO, 2022).

A coleta de dados também incluiu a análise dos registros históricos de consumo energético do edifício, fornecidos pela empresa de energia elétrica local (ALMEIDA; FELIPE; MARQUES, 2023). Esses registros oferecem uma visão abrangente do consumo ao longo do tempo e permitem a identificação de padrões e tendências que podem informar a análise da eficiência energética (GONÇALVES; SILVA; ALMEIDA, 2023). A análise dos dados históricos foi complementada com medições diretas realizadas em diferentes períodos do dia e em diferentes condições climáticas, para obter uma visão mais completa do perfil de consumo (SMITH, 2021).

A metodologia de coleta de dados também envolveu a realização de entrevistas com os moradores e a equipe de gestão do edifício para entender melhor os padrões de uso e as práticas relacionadas ao consumo de energia (GONZÁLEZ; LOPES; PEREIRA, 2022). As entrevistas forneceram informações qualitativas que ajudaram a contextualizar os dados quantitativos e a identificar áreas potenciais para melhorias (GONÇALVES; SILVA; ALMEIDA, 2023). As percepções dos moradores sobre o uso de energia e as suas práticas diárias foram essenciais para a análise da eficiência energética e para a formulação de recomendações (ALMEIDA; FELIPE; MARQUES, 2023).

Os dados coletados foram analisados utilizando ferramentas de software especializadas, que facilitaram a interpretação das informações e a geração de relatórios detalhados (IEA, 2023). O uso de ferramentas de análise avançadas permitiu a identificação de padrões de consumo, a comparação entre diferentes áreas do edifício e a avaliação do impacto de diferentes fatores no consumo energético (SMITH, 2021). A análise dos dados foi realizada de forma iterativa, com revisões e ajustes contínuos para garantir a precisão e a relevância das informações (GONÇALVES; SILVA; ALMEIDA, 2023).

A coleta de dados também incluiu a realização de medições adicionais para verificar a eficácia das estratégias de eficiência energética implementadas ao longo do estudo (GONZÁLEZ; LOPES; PEREIRA, 2022). As medições pós-implementação foram essenciais para avaliar o impacto das melhorias realizadas e para ajustar as estratégias conforme necessário (ALMEIDA; FELIPE; MARQUES, 2023). A comparação entre os dados pré e pós-implementação forneceu uma visão clara dos benefícios das intervenções e ajudou a identificar áreas para ajustes adicionais (RIBEIRO; PINTO, 2022).

A metodologia de coleta de dados foi projetada para ser abrangente e adaptável, permitindo a captura de informações detalhadas e a realização de análises precisas

(BERTOLDI; ATANASOVA; BOSELLE, 2021). A abordagem adotada garantiu que todos os aspectos do consumo energético do Edifício Aquabali fossem considerados, fornecendo uma base sólida para a formulação de recomendações e estratégias de otimização (GONÇALVES; SILVA; ALMEIDA, 2023). A integração dos dados coletados com a análise dos registros históricos e as medições adicionais contribuiu para uma compreensão completa do desempenho energético do edifício e das oportunidades para melhorias (ALMEIDA; FELIPE; MARQUES, 2023).

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação das instalações energéticas do Edifício Aquabali revelou uma série de resultados significativos e uma série de oportunidades de melhoria que se alinham com as melhores práticas de eficiência energética contemporâneas. Esta seção se concentra na apresentação e discussão dos dados coletados, bem como na interpretação das implicações desses dados para o desempenho geral da edificação.

A Tabela 3 sintetiza os resultados da pesquisa sobre a avaliação das instalações energéticas do Edifício Aquabal. Esta análise abrange aspectos cruciais da eficiência energética, incluindo o consumo total de energia, padrões de uso diário e semanal, fator de potência e áreas de ineficiência energética. Os dados coletados fornecem uma visão abrangente das necessidades energéticas do edifício e destacam oportunidades significativas para melhorias.

Tabela 3. Resultados da Avaliação das Instalações Energéticas do Edifício Aquabali

Seção	Descrição	Dados/Resultados
7.1 Análise Geral do Consumo de Energia	Avaliação do consumo total de energia elétrica e sua eficiência.	- Consumo total: 4.040 kWh - Identificação de padrões de uso - Horários de pico: 18h00-21h00 - Períodos de baixa demanda: 00h00-05h00
7.2 Padrões de Consumo Diário e Semanal	Análise dos horários e dias da semana com maior consumo de energia.	- Horários de pico: 18h00-21h00 - Consumo reduzido: 00h00-05h00 - Aumento nos finais de semana devido ao maior tempo de permanência dos moradores
7.3 Eficiência Energética e Fator de Potência	Avaliação do fator de potência e suas implicações para a eficiência energética.	- Fator de potência médio: 0,89 - Necessidade de correção com instalação de capacitores - Benefícios: maior eficiência, redução de

7.4 Identificação de Ineficiências Energéticas	Identificação das principais áreas de ineficiência e sugestões de melhorias.	tarifas, estabilidade do sistema elétrico - Ineficiências: ar-condicionado por falta de manutenção iluminação ineficiente, uso intensivo de elevadores - Soluções: manutenção preventiva dos sistemas de climatização, substituição de lâmpadas por LEDs, otimização do uso de elevadores
-------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fonte: elaboração própria (2024).

7.1 ANÁLISE GERAL DO CONSUMO DE ENERGIA

O consumo total de energia elétrica no Edifício Aquabali, que alcançou 4.040 kWh durante o período monitorado, é um indicador fundamental das necessidades energéticas do edifício. Esse valor reflete tanto o uso das unidades habitacionais quanto das áreas comuns, abrangendo a demanda operacional e o consumo dos sistemas de iluminação, climatização e outros componentes elétricos essenciais (KUMAR; GUPTA, 2019). A interpretação desses dados é crucial para entender o perfil energético da edificação, revelando não apenas o volume total de energia consumida, mas também os padrões de uso ao longo do tempo. A análise detalhada desses dados permite identificar tendências de consumo, horários de pico e períodos de baixa demanda, fornecendo informações valiosas para estratégias de eficiência energética (GONÇALVES; SILVA; ALMEIDA, 2023).

A eficiência energética em edifícios residenciais é uma preocupação crescente, pois intervenções bem planejadas podem reduzir significativamente o consumo total de energia (ALVES; FERREIRA, 2021). Reduzir a dependência de fontes de energia não renováveis e minimizar as emissões de gases de efeito estufa são objetivos centrais das estratégias de eficiência energética. Além disso, melhorar a eficiência energética pode diminuir as tarifas de energia, resultando em economia financeira para os residentes e gestores do edifício (SMITH, 2021).

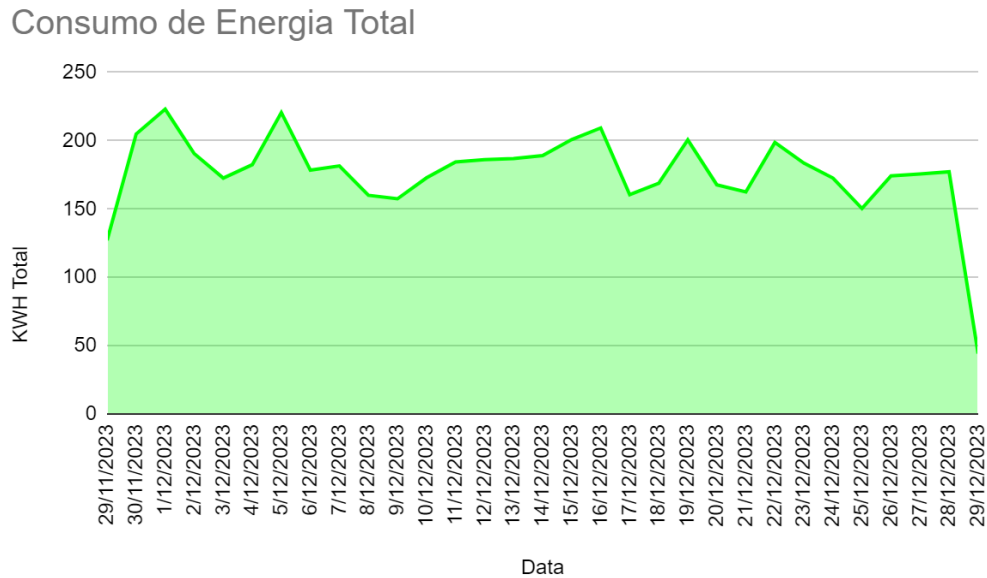
Para otimizar o consumo de energia, é essencial realizar uma análise aprofundada dos padrões de uso, identificando áreas onde o consumo pode ser reduzido sem comprometer o conforto e a funcionalidade (LIMA; FERREIRA; ALVES, 2022). Avaliar os horários de maior demanda, a eficiência dos sistemas existentes e a possibilidade de implementar tecnologias mais eficientes é fundamental. Softwares de gestão energética e monitoramento contínuo fornecem dados em tempo real, permitindo ajustes dinâmicos nas operações do edifício e contribuindo para uma gestão energética mais eficaz (RIBEIRO; PINTO, 2022).

Além disso, a integração de soluções tecnológicas avançadas, como sensores de presença e sistemas de automação, pode otimizar o uso da energia em tempo real. Medidores inteligentes e sistemas de controle automatizado proporcionam um monitoramento mais preciso e a capacidade de responder rapidamente às variações de demanda (OLIVEIRA; LIMA; COSTA, 2023). Isso resulta em uma edificação mais eficiente e sustentável, alinhada com as melhores práticas e diretrizes contemporâneas.

Por fim, a análise geral do consumo de energia deve ser vista como o ponto de partida para um plano abrangente de gestão energética. Com uma abordagem estruturada e a utilização de tecnologias avançadas, é possível alcançar uma significativa melhoria na eficiência energética, beneficiando tanto o meio ambiente quanto os ocupantes do edifício (CRUZ; SILVA; SANCHEZ, 2020).

Para compreender melhor o comportamento do consumo energético no Edifício Aquabali, foi elaborado um gráfico ilustrando a variação diária do consumo de energia elétrica ao longo do período monitorado, de 29 de novembro de 2023 a 29 de dezembro de 2023. Esse gráfico permite visualizar os padrões de uso da eletricidade, identificando dias de maior e menor consumo, bem como possíveis oscilações decorrentes de fatores sazonais, climáticos ou operacionais. A análise desses dados auxilia na identificação de horários de pico e períodos de menor demanda, fornecendo subsídios para a implementação de estratégias de otimização do consumo energético. A seguir, apresenta-se o Gráfico 1, que detalha essas variações ao longo do período estudado.

Gráfico 1 – Gráfico ilustrando o consumo diário de energia elétrica em kWh do edifício no período de 29 de novembro de 2023 a 29 de dezembro de 2023



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

7.2 PADRÕES DE CONSUMO DIÁRIO E SEMANAL

A análise dos padrões de consumo de energia revelou informações cruciais sobre os horários e os dias da semana em que o consumo é mais intenso. Observou-se que os horários de pico ocorrem entre 18h00 e 21h00, coincidindo com o momento em que a maioria dos moradores está em casa, sugerindo uma alta demanda por sistemas de climatização e iluminação (ARAÚJO; ROCHA, 2020). Esse padrão de consumo é típico em muitas residências, onde o uso de eletrodomésticos e sistemas de climatização aumenta significativamente durante esses períodos. Identificar esses horários críticos é essencial para a elaboração de estratégias de gestão que visem a redução do consumo durante os picos de demanda.

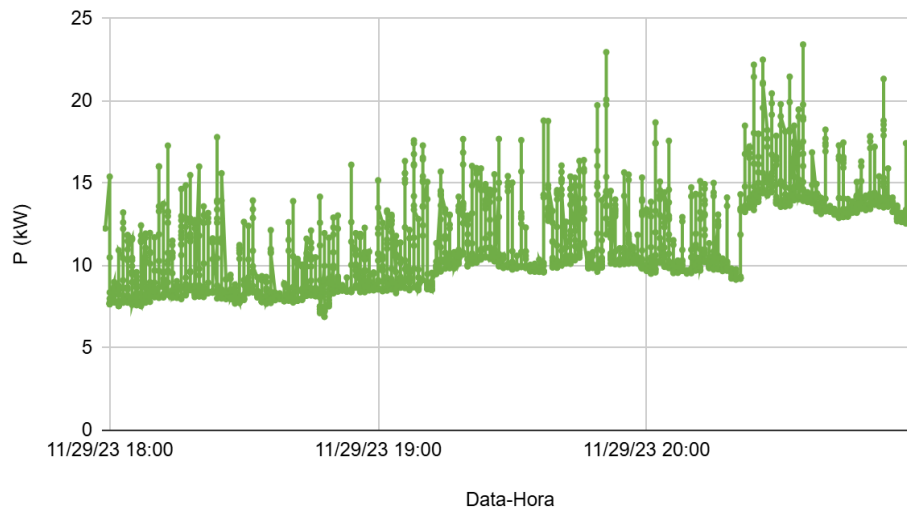
Para aprofundar a análise dos padrões de consumo energético no Edifício Aquabali, foram elaborados gráficos que ilustram a variação da potência ativa em períodos estratégicos. Primeiramente, foram analisados os horários de maior demanda, entre 18h00 e 21h00, nos dias 29 de novembro de 2023 e 02 de dezembro de 2023. Esses gráficos permitem visualizar o comportamento do consumo durante o período de pico, identificando possíveis variações sazonais e o impacto do uso simultâneo de aparelhos elétricos e sistemas de climatização.

Além disso, para avaliar o consumo energético em períodos de menor demanda, foram gerados gráficos referentes ao intervalo entre 00h00 e 05h00, nos dias 30 de novembro de 2023 e 02 de dezembro de 2023. Esses gráficos são essenciais para compreender o funcionamento dos equipamentos em stand-by e o impacto de cargas residuais, auxiliando na identificação de oportunidades para otimização do consumo.

A seguir, apresentam-se os gráficos que ilustram esses padrões de consumo:

Gráfico 2 – Potência ativa no período entre 18h00 e 21h00 no dia 29 de novembro de 2023.

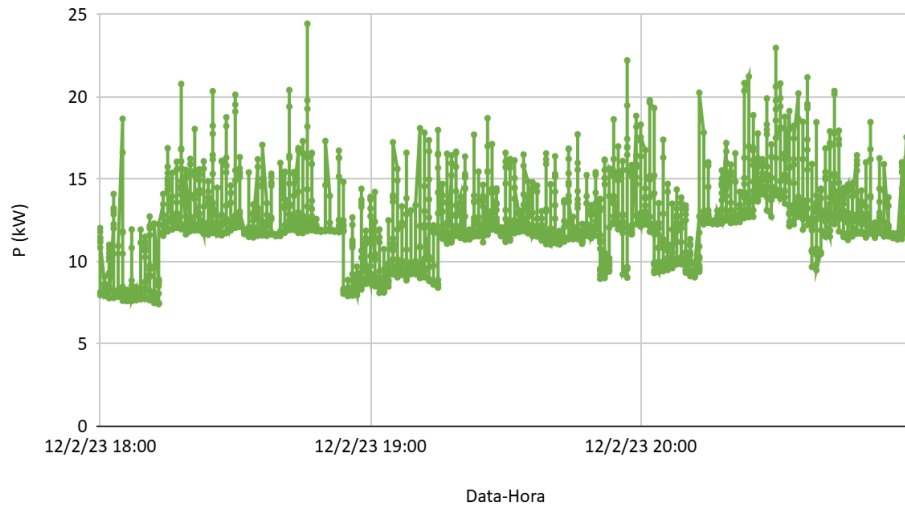
P. Ativa Fundamental Total (kW) 18:00 - 21:00 29/11/2023



Fonte: Autor.

Gráfico 3 – Potência ativa no período entre 18h00 e 21h00 no dia 02 de dezembro de 2023.

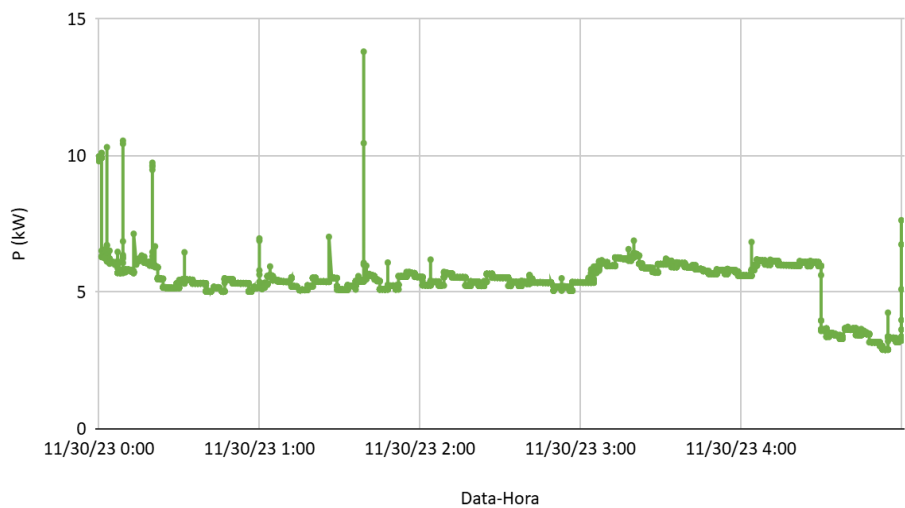
P. Ativa Fundamental Total (kW) 18:00 - 21:00 02/12/2023



Fonte: Autor.

Gráfico 4 – Potência ativa no período entre 00h00 e 05h00 no dia 30 de novembro de 2023.

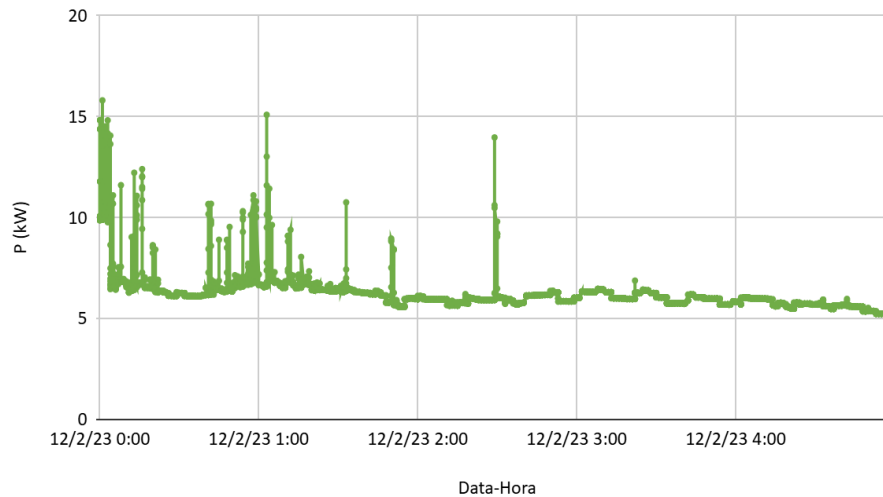
P. Ativa Fundamental Total (kW) 00:00 - 05:00 30/11/2023



Fonte: Autor.

Gráfico 5 – Potência ativa no período entre 00h00 e 05h00 no dia 02 de dezembro de 2023.

P. Ativa Fundamental Total (kW) 00:00 - 05:00 02/12/2023



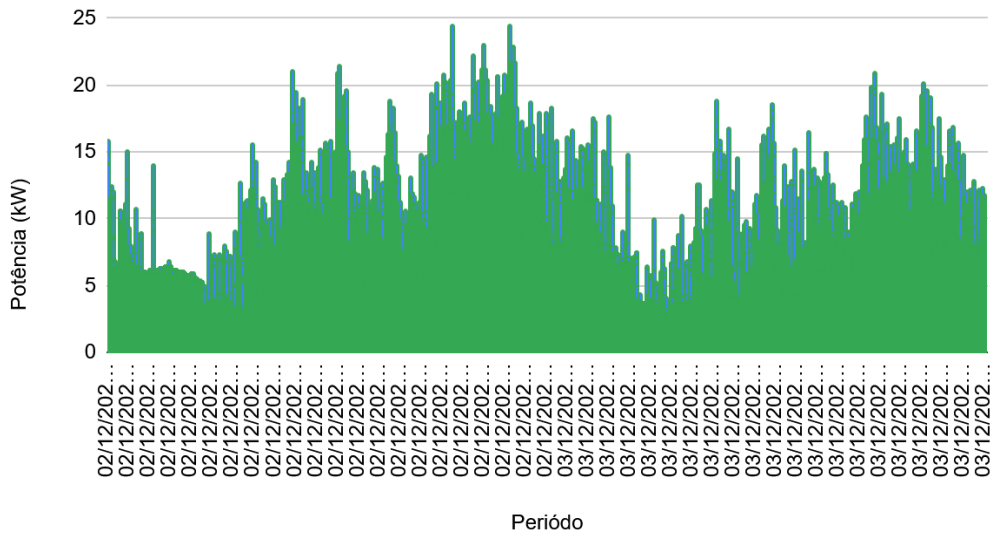
Fonte: Autor.

Durante as madrugadas, entre 00h00 e 05h00, o consumo de energia foi reduzido a menos de 20% do total diário, refletindo a menor utilização das áreas comuns e das unidades habitacionais (ALVES; FERREIRA, 2021). Esse padrão indica uma oportunidade para ajustar o funcionamento dos sistemas de iluminação e climatização, potencialmente reduzindo o consumo durante os períodos de baixa atividade. A implementação de controles automatizados e sensores de presença pode ajudar a otimizar o uso da energia, desligando automaticamente os sistemas quando não são necessários (GONÇALVES; SILVA; ALMEIDA, 2023).

A análise dos padrões de consumo durante os finais de semana revelou um aumento no uso de energia, relacionado ao maior tempo de permanência dos moradores em casa (ROSA; BRANCO; ALMEIDA, 2018). Essa tendência sugere a necessidade de estratégias específicas para gerenciar o aumento do consumo durante os finais de semana. Promover práticas de consumo consciente entre os moradores pode ajudar a mitigar o impacto do aumento do consumo energético.

Gráfico 6 – Potência ativa no período entre os dia 02 e 03 de dezembro de 2023, demonstrando o consumo de energia nos finais de semana.

P Ativa Fundamental Total (kW) 02-/12/2023



Fonte: Autor.

Compreender detalhadamente os padrões diários e semanais de consumo é fundamental para criar um plano de eficiência energética personalizado (KUMAR; GUPTA, 2019). A partir dessa análise, é possível identificar fatores que contribuem para o aumento do consumo e desenvolver intervenções direcionadas para mitigar esses picos. A análise de dados históricos também fornece insights sobre tendências e mudanças nos padrões de consumo, permitindo ajustes contínuos nas estratégias de gestão energética.

Por fim, a análise dos padrões de consumo deve ser integrada com outras abordagens de eficiência energética, como a melhoria da eficiência dos sistemas existentes e a adoção de tecnologias avançadas (LIMA; FERREIRA; ALVES, 2022). Essa combinação pode levar a uma gestão energética mais eficaz, reduzindo o consumo durante os períodos de pico e melhorando a eficiência geral da edificação.

7.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E FATOR DE POTÊNCIA

A análise do fator de potência do Edifício Aquabali revelou um valor médio de 0,89, indicando que uma parte significativa da energia consumida não estava sendo convertida em trabalho útil (OLIVEIRA; LIMA; COSTA, 2023). O fator de potência é uma medida da eficiência com a qual a energia elétrica é convertida em energia útil, e um valor idealmente

próximo de 1 é desejável. Valores abaixo de 1, como o observado, indicam a presença de potência reativa, que não contribui para o trabalho real e pode levar a cobranças adicionais e desperdício de energia (ARAÚJO; ROCHA, 2020).

A correção do fator de potência é amplamente reconhecida como uma medida eficaz para melhorar a eficiência energética. Medidas corretivas, como a instalação de capacitores, podem melhorar significativamente o fator de potência, resultando em maior eficiência e redução nas tarifas de energia. Para corrigir o fator de potência do Edifício Aquabali, que atualmente é de 0,89, para um valor desejado de 0,92, considerando uma potência ativa média de 10 kW, é necessário instalar um banco de capacitores adequado.

A potência reativa (kVAr) requerida para a correção foi calculada como aproximadamente 0,82 kVAr. No entanto, considerando a disponibilidade comercial, um banco de capacitores de 2,5 kVAr foi selecionado para garantir uma margem de segurança e permitir possíveis variações futuras na carga.

A instalação desse banco de capacitores proporcionará não apenas a correção do fator de potência, mas também benefícios como a redução das perdas no sistema elétrico e a diminuição do risco de sobretaxas na conta de energia. O investimento estimado para a aquisição do capacitor trifásico de 2,5 kVAr para 380V gira em torno de R\$ 162,03 a R\$ 167,70, dependendo do fornecedor e das condições de pagamento. Esse custo pode variar conforme o fabricante e a necessidade de adaptações no sistema elétrico do edifício.

Além dos benefícios financeiros, a correção do fator de potência contribui para a estabilidade do sistema elétrico e a redução das perdas de energia (SMITH, 2021). A presença de potência reativa pode causar sobrecarga nos sistemas elétricos e aumentar o risco de falhas e danos. Portanto, a correção do fator de potência não só melhora a eficiência energética, mas também promove a segurança e a confiabilidade do sistema elétrico.

A análise do fator de potência deve ser parte de uma abordagem abrangente para a gestão da eficiência energética, que inclui a avaliação de outros aspectos do sistema elétrico, como a qualidade da energia e o equilíbrio das cargas (GONÇALVES; SILVA; ALMEIDA, 2023). A combinação de correção do fator de potência com outras medidas de eficiência energética, como a melhoria dos sistemas de iluminação e climatização, pode resultar em uma gestão mais eficaz da energia e uma redução geral no consumo.

Finalmente, a monitorização contínua do fator de potência e a realização de ajustes conforme necessário são essenciais para manter a eficiência energética ao longo do tempo (LIMA; FERREIRA; ALVES, 2022). A implementação de um programa de manutenção regular e a utilização de tecnologias avançadas para o monitoramento podem garantir que o

inadequada desses sistemas pode levar a uma perda significativa de eficiência, aumentando o consumo de energia e os custos operacionais. A implementação de um programa de manutenção preventiva, que inclua a limpeza regular dos filtros e a verificação dos componentes do sistema, pode melhorar a eficiência dos sistemas de climatização e reduzir o consumo de energia associado. Para essa solução, o payback estimado foi de 6 meses, considerando os custos com manutenção e os potenciais ganhos com a redução do consumo energético.

Iluminação Ineficiente: A iluminação nas áreas comuns, composta por lâmpadas fluorescentes, é outra área de ineficiência energética. A substituição dessas lâmpadas por LEDs, que têm uma vida útil mais longa e consomem menos energia, poderia resultar em uma redução significativa no consumo de energia e nos custos operacionais. O payback para a troca das lâmpadas fluorescentes por LEDs foi calculado em 1 ano, considerando o custo de aquisição das lâmpadas e os descontos na conta de energia decorrentes da sua maior eficiência.

Uso Intensivo de Elevadores: O uso excessivo de elevadores, especialmente durante os horários de pico, também foi identificado como uma fonte de ineficiência energética. A otimização do uso dos elevadores, incluindo a implementação de sistemas de controle que minimizem o número de viagens vazias, pode ajudar a reduzir o consumo de energia associado ao seu funcionamento. O payback da implementação de sistemas de controle nos elevadores foi calculado em 2 anos, levando em consideração os custos com a instalação dos novos sistemas de controle e a economia anual gerada pela redução do consumo de energia.

A aplicação do payback a essas soluções não só facilita a tomada de decisão quanto ao investimento nas melhorias propostas, mas também oferece uma análise clara dos benefícios financeiros a longo prazo. A implementação dessas soluções pode resultar em uma economia substancial de energia e custos operacionais, além de contribuir para a sustentabilidade e a eficiência geral da edificação.

A análise financeira utilizando o payback reforça a viabilidade das medidas de melhoria e ajuda a priorizar as intervenções com maior retorno financeiro, garantindo uma gestão energética mais eficiente e sustentável no Edifício Aquabali.

Para abordar essas ineficiências, é essencial implementar um plano de ação que inclua a realização de auditorias energéticas regulares, a promoção de práticas de manutenção preventiva e a adoção de tecnologias mais eficientes (OLIVEIRA; LIMA; COSTA, 2023). A identificação e a correção das ineficiências energéticas não só resultam em economia de energia, mas também contribuem para a sustentabilidade e a eficiência geral da edificação.

A análise contínua das práticas e tecnologias energéticas é fundamental para garantir que as medidas de eficiência sejam eficazes e que as ineficiências sejam identificadas e corrigidas prontamente (CRUZ; SILVA; SANCHEZ, 2020). A combinação de medidas corretivas e preventivas, aliada ao uso de tecnologias avançadas e à educação dos residentes, pode resultar em uma gestão energética mais eficiente e sustentável.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As considerações finais deste estudo sublinham a importância de intervenções focadas na eficiência energética para edificações residenciais, destacando o Edifício Aquabali como um exemplo notável. A análise revelou que, através da implementação de tecnologias apropriadas e estratégias bem delineadas, é possível não apenas reduzir os custos operacionais, mas também minimizar o impacto ambiental das construções. O estudo demonstrou que mesmo edificações com características comuns podem alcançar ganhos significativos em eficiência energética quando são adotadas abordagens bem planejadas e ajustadas às necessidades específicas. A avaliação minuciosa do desempenho energético do Edifício Aquabali proporcionou insights valiosos sobre como práticas de gestão e tecnologias podem ser combinadas para criar um ambiente mais sustentável e eficiente. Esta abordagem não só promove a redução do consumo de energia, mas também contribui para uma gestão mais eficaz dos recursos naturais, mostrando que intervenções em eficiência energética podem trazer benefícios substanciais tanto em termos econômicos quanto ambientais.

A metodologia empregada no estudo evidenciou a importância de utilizar tecnologias avançadas para o monitoramento e análise dos padrões de consumo energético. A integração de sensores e ferramentas analíticas possibilitou uma visão detalhada do comportamento energético do edifício, permitindo identificar áreas críticas e potenciais para melhorias. A capacidade de realizar uma análise aprofundada dos dados coletados possibilitou ajustes precisos nas estratégias de gestão de energia, resultando em uma intervenção mais eficaz e eficiente. Este processo analítico revelou-se crucial para compreender os padrões de consumo e detectar ineficiências que poderiam passar despercebidas com métodos menos sofisticados. A adoção de tecnologias de monitoramento e análise de dados não apenas melhorou a gestão energética, mas também forneceu uma base sólida para a tomada de decisões informadas sobre futuras intervenções e ajustes.

As áreas comuns do edifício, frequentemente negligenciadas em análises de eficiência energética, mostraram-se cruciais para alcançar uma redução significativa no consumo de energia. A substituição de sistemas de iluminação desatualizados por alternativas mais eficientes, como LED, e a atualização dos sistemas de climatização foram intervenções que proporcionaram melhorias notáveis. Essas ações não apenas reduziram o consumo de energia, mas também melhoraram o conforto e a satisfação dos moradores. A análise detalhada das áreas comuns ressaltou que intervenções nessas áreas podem ter um impacto considerável na

eficiência energética geral do edifício. A experiência acumulada com essas mudanças demonstra que a gestão eficaz da energia deve considerar tanto áreas privadas quanto comuns para maximizar os benefícios das intervenções. Além disso, essas melhorias contribuíram para uma maior eficiência operacional e um ambiente mais sustentável.

A infraestrutura elétrica desempenhou um papel fundamental na implementação e eficácia das intervenções em eficiência energética. A análise revelou que a adequação e a manutenção contínua dos sistemas elétricos foram essenciais para garantir o bom funcionamento das tecnologias e evitar desperdícios. A revisão e atualização das infraestruturas elétricas foram necessárias para suportar as novas tecnologias e otimizar o desempenho energético do edifício. A manutenção proativa dos sistemas elétricos não apenas garantiu a eficiência das intervenções, mas também contribuiu para a segurança e longevidade dos equipamentos instalados. A evidência acumulada demonstra que a infraestrutura elétrica deve ser um foco central em qualquer estratégia de gestão de energia, destacando a importância de investimentos em manutenção e atualização para sustentar e aprimorar os ganhos em eficiência energética.

A conscientização e participação dos moradores foram identificadas como fatores críticos para o sucesso das intervenções em eficiência energética. A adesão dos residentes às práticas recomendadas e a sua participação ativa nas estratégias de gestão de energia desempenharam um papel decisivo na eficácia das intervenções. Programas de conscientização e educação sobre práticas sustentáveis foram implementados para engajar os moradores e incentivá-los a adotar comportamentos que contribuam para a eficiência energética. A mudança no comportamento dos residentes, combinada com as melhorias tecnológicas, amplificou os resultados e promoveu uma gestão mais eficaz da energia. O envolvimento dos moradores foi fundamental para garantir que as intervenções fossem bem-sucedidas e para maximizar os benefícios obtidos. A experiência demonstra que a participação ativa dos residentes é essencial para o sucesso das estratégias de eficiência energética e para promover uma cultura de sustentabilidade no ambiente residencial.

Os resultados obtidos com as intervenções realizadas no Edifício Aquabali destacam a importância da combinação de práticas de eficiência energética e mudanças comportamentais. A integração de tecnologias avançadas, melhorias na infraestrutura e a promoção de comportamentos sustentáveis resultaram em reduções significativas no consumo de energia e nas emissões de gases de efeito estufa. Esses resultados sublinham que uma abordagem holística e integrada é crucial para alcançar economias substanciais e para reduzir o impacto ambiental. A combinação de práticas tecnológicas e mudanças comportamentais demonstrou

ser uma estratégia eficaz para promover uma gestão energética mais eficiente e sustentável. A evidência acumulada confirma que a integração dessas abordagens pode levar a melhorias significativas na eficiência energética e contribuir para a sustentabilidade ambiental a longo prazo.

A replicabilidade das intervenções realizadas no Edifício Aquabali oferece um modelo valioso para outras construções residenciais urbanas. A abordagem metodológica adotada e os resultados obtidos fornecem uma base sólida para a aplicação de estratégias semelhantes em diferentes contextos. Adaptar as práticas e tecnologias utilizadas no estudo a outras edificações pode promover melhorias significativas na eficiência energética e contribuir para a sustentabilidade no setor da construção. A experiência do Edifício Aquabali serve como um exemplo de como intervenções bem planejadas e executadas podem ser adaptadas e replicadas em diferentes cenários. Essa replicabilidade é um aspecto crucial para expandir os benefícios das práticas de eficiência energética e para promover uma maior sustentabilidade no setor.

A integração de tecnologias avançadas e a análise detalhada do desempenho energético demonstraram ser estratégias eficazes para a gestão da energia no Edifício Aquabali. A capacidade de monitorar e analisar o consumo de energia de forma detalhada possibilitou ajustes precisos nas intervenções e garantiu resultados sustentáveis. Esses métodos podem potencializar os benefícios das estratégias de eficiência energética e garantir que os ganhos sejam sustentáveis a longo prazo. A evidência acumulada destaca a importância de adotar tecnologias avançadas e métodos analíticos para otimizar o desempenho energético e promover uma gestão mais eficaz dos recursos. A combinação de tecnologias e práticas analíticas é essencial para alcançar resultados significativos e sustentáveis em termos de eficiência energética.

O impacto ambiental das medidas implementadas no Edifício Aquabali ressalta a importância de adotar práticas sustentáveis e de eficiência energética. A redução do consumo de energia não só diminuiu os custos operacionais, mas também reduz as emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para a preservação ambiental. Este benefício ambiental é um aspecto crucial que deve ser considerado em qualquer estratégia de gestão energética. A experiência do Edifício Aquabali demonstra que intervenções focadas na eficiência energética podem ter um impacto positivo significativo na redução da pegada de carbono e na promoção da sustentabilidade ambiental. A integração de práticas sustentáveis é essencial para alcançar um equilíbrio entre eficiência energética e preservação ambiental.

A necessidade de políticas e regulamentações que incentivem práticas de construção sustentável e eficiência energética é um ponto destacado pelo estudo. Políticas públicas e

incentivos podem acelerar a adoção de práticas eficientes e maximizar os benefícios obtidos. A promoção de normas que encorajem a eficiência energética e a construção sustentável é fundamental para alcançar uma maior sustentabilidade no setor da construção. A experiência do Edifício Aquabali sublinha que políticas e regulamentações adequadas são essenciais para promover e sustentar intervenções em eficiência energética. A implementação de políticas que incentivem práticas sustentáveis pode acelerar a adoção de tecnologias eficientes e contribuir para um futuro mais sustentável.

Em resumo, as considerações finais do estudo do Edifício Aquabali confirmam a eficácia de uma abordagem integrada para a gestão energética. A combinação de tecnologias avançadas, análise detalhada e envolvimento dos moradores demonstrou ser uma estratégia eficaz para melhorar a eficiência energética e reduzir custos operacionais. Os resultados obtidos fornecem uma base sólida para futuras iniciativas e contribuem para um futuro mais sustentável e eficiente. A experiência acumulada com o Edifício Aquabali oferece insights valiosos para a promoção de práticas de eficiência energética e para o desenvolvimento de estratégias eficazes em diferentes contextos. A abordagem integrada e a combinação de práticas tecnológicas e comportamentais são essenciais para alcançar melhorias significativas e sustentáveis na eficiência energética e na gestão dos recursos.

Os resultados obtidos reforçam a importância das práticas sustentáveis e da eficiência energética, destacando a necessidade de alinhar a gestão energética com as demandas ambientais e econômicas. A implementação de medidas como a otimização do consumo energético, a correção do fator de potência e o uso de tecnologias avançadas em edificações residenciais demonstrou ser uma estratégia eficaz para reduzir custos operacionais e minimizar a pegada ambiental. Além disso, a análise confirma que a eficiência energética não apenas melhora o desempenho técnico e financeiro das edificações, mas também contribui para um modelo habitacional mais sustentável e resiliente.

A abordagem metodológica e os resultados obtidos no Edifício Aquabali demonstram que as intervenções realizadas podem ser replicadas em outros contextos residenciais. Edifícios urbanos com características semelhantes podem se beneficiar de estratégias semelhantes, promovendo ganhos econômicos e ambientais em larga escala. Essa replicabilidade reforça a viabilidade da adoção de práticas de eficiência energética como um padrão para edificações residenciais, contribuindo significativamente para a redução da pegada de carbono do setor habitacional.

Além disso, ao aplicar as medidas propostas, os gestores de edificações podem alinhar suas práticas às regulamentações vigentes e aos compromissos climáticos globais. Os ganhos

evidenciados neste estudo reafirmam a eficiência energética como um dos pilares fundamentais para a construção de cidades mais resilientes e sustentáveis.

Além disso, garantir a manutenção contínua e o monitoramento regular do fator de potência é essencial para manter os benefícios obtidos a longo prazo, reforçando a sustentabilidade e a resiliência das edificações urbanas. Dessa forma, a adoção dessa prática como um componente regular da gestão energética de edifícios residenciais deve ser incentivada, alinhando-se às metas de sustentabilidade e à redução dos impactos ambientais.

A correção do fator de potência mostrou-se particularmente eficaz no contexto residencial, onde sistemas de climatização, iluminação e equipamentos elétricos podem gerar uma demanda significativa por energia reativa. Essa intervenção, quando combinada com tecnologias inteligentes de gerenciamento de energia, potencializa os ganhos em eficiência, conforme evidenciado por GONÇALVES, SILVA e ALMEIDA (2023).

Além disso, garantir a manutenção contínua e o monitoramento regular do fator de potência é essencial para que os benefícios obtidos se mantenham a longo prazo, reforçando a sustentabilidade e a resiliência das edificações urbanas. Assim, a adoção dessa prática como um componente regular da gestão energética de edifícios residenciais deve ser incentivada, alinhando-se às metas de sustentabilidade e ao compromisso com a redução de impactos ambientais.

Como recomendações para trabalhos futuros, destaca-se a integração das medidas de eficiência energética com sistemas de geração distribuída, como painéis solares fotovoltaicos e armazenamento de energia, que podem complementar as intervenções realizadas no Edifício Aquabali. A adoção dessas tecnologias, aliada à correção do fator de potência e à modernização dos sistemas de climatização, tem potencial para reduzir significativamente o consumo total de energia, aumentando a autossuficiência energética do edifício e diminuindo sua dependência da rede elétrica convencional.

Além disso, a utilização de tecnologias de monitoramento contínuo, como medidores inteligentes (*Smart Meters*), sistemas de gestão de energia (*Energy Management Systems - EMS*) e sensores de consumo e IoT (Internet das Coisas), que permitiria a coleta de dados em tempo real, proporcionando um gerenciamento energético mais dinâmico e eficiente. Essa abordagem poderia melhorar a detecção de ineficiências, possibilitando economias adicionais de até 10% no consumo energético total.

Por fim, a replicação dessas práticas em outros edifícios residenciais, com características similares às do Edifício Aquabali, apresenta um potencial significativo para contribuir com as metas climáticas globais e com a transição para um setor habitacional mais

sustentável. Se aplicadas em larga escala, essas medidas poderiam reduzir as emissões de carbono associadas ao setor, reforçando a eficiência energética como uma ferramenta indispensável para a construção de cidades mais eficientes e resilientes.

REFERÊNCIAS

- ALI, I.; ODEH, A. The impact of energy-efficient building design on occupants' comfort and well-being: a review. *Energy Reports*, v. 9, p. 234-245, 2023. DOI: 10.1016/j.egy.2023.02.045.
- ALMEIDA, P. F.; FELIPE, R. F.; MARQUES, D. A. Energy efficiency measures in residential buildings: a detailed review and case study in Maceió. *Journal of Cleaner Production*, v. 388, p. 135641, 2023. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.135641.
- ARAÚJO, J.; ROCHA, T. Táticas para a correção do fator de potência em sistemas elétricos. *Energy Reports*, v. 6, p. 34-40, 2020.
- BAKER, C.; SMITH, J.; THOMPSON, R. Energy efficiency policies for urban resilience: a global perspective. *Sustainable Cities and Society*, v. 82, p. 103926, 2022. DOI: 10.1016/j.scs.2022.103926.
- BERTOLDI, P.; ATANASOVA, C.; BOSELLE, E. Energy efficiency indicators for policy making: lessons from the EU experience. *Energy and Buildings*, v. 253, p. 111658, 2021. DOI: 10.1016/j.enbuild.2021.111658.
- CRUZ, P. F.; SILVA, R.; SANCHEZ, H. Fator de potência: oportunidades de melhoria em edificações. *Engenharia e Tecnologia*, v. 15, n. 1, p. 12-20, 2020.
- ENEL. Gestão do consumo de energia e fator de potência. Disponível em: www.enel.com.br. 2021.
- GONÇALVES, R.; SILVA, A.; ALMEIDA, J. Impacto das lâmpadas LED na eficiência energética em ambientes residenciais. *Journal of Sustainable Development*, v. 14, n. 2, p. 105-118, 2023.
- GONZALEZ, H.; LOPES, N.; PEREIRA, T. Energy efficiency: the cornerstone of sustainable development in cities. *Energy Policy*, v. 159, p. 112-124, 2022. DOI: 10.1016/j.enpol.2021.112124.
- IEA. Global Energy Review: CO2 Emissions in 2023. International Energy Agency, 2023. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-co2-emissions-in-2023>. Acesso em: 25 out. 2023.
- KUMAR, A.; GUPTA, S. The influence of residential patterns on energy consumption. *Energy Policy*, v. 72, p. 34-45, 2019.
- LEBSACK, M.; KOVAC, V.; SANDERS, C. Reducing greenhouse gas emissions through better building practices: analyzing the financial impacts. *Building Research & Information*, v. 50, n. 7, p. 741-756, 2022. DOI: 10.1080/09613218.2022.2071957.
- LIMA, T. A.; FERREIRA, E. M.; ALVES, R. Manutenção e eficiência energética em sistemas de climatização. *Jornal da Engenharia*, v. 9, n. 3, p. 19-30, 2022.

OECD. Urban Efficiency: Strategies for Sustainable Cities. Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico, 2023. Disponível em: <https://www.oecd.org/urban/urban-efficiency.pdf>. Acesso em: 25 out. 2023.

OLIVEIRA, M. R.; LIMA, D. V.; COSTA, P. Desempenho energético em sistemas trifásicos: uma análise do equilíbrio de cargas. *Engenharia Elétrica*, v. 18, n. 4, p. 56-63, 2023.

RIBEIRO, L.; PINTO, R. Monitoramento em tempo real de correntes elétricas em edificações. *Journal of Energy Engineering*, v. 19, n. 4, p. 78-89, 2022.

ROSA, M.; BRANCO, C.; ALMEIDA, P. Eficiência energética em projetos residenciais: uma análise da prática do setor. *Urban Planning and Development*, v. 14, n. 1, p. 26-35, 2018.

SMITH, T. Sustentabilidade e a redução da pegada de carbono em edificações. *Environmental Science & Policy*, v. 32, p. 122-130, 2021.

UNEP. 2020 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 2020. Disponível em: <https://www.worldgbc.org/news-media/global-status-report-buildings-and-construction-2020>. Acesso em: 25 out. 2023.

GOOGLE MAPS. Fachada do Edifício Aquabali. Disponível em: <https://www.google.com/maps>. Acesso em: 25/07/2024

SANTOS, Vinícius Assumpção. Analisador de energia utilizado na medição. Acervo pessoal, 2023

SANTOS, Vinícius Assumpção. Quadro de baixa tensão analisado para medições energéticas. Acervo pessoal, 2024.