



INSTITUTO FEDERAL
Sertão Pernambucano

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SERTÃO
PERNAMBUCANO
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO ENGENHARIA CIVIL**

MARIA VIVIANE BEZERRA DA SILVA

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE MEDIDAS PARA OTIMIZAÇÃO DO USO DE
RECURSOS ENERGÉTICOS E HÍDRICOS NO INSTITUTO FEDERAL DO
SERTÃO PERNAMBUCANO CAMPUS SERRA TALHADA.**

SERRA TALHADA - PE

2025

MARIA VIVIANE BEZERRA DA SILVA

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE MEDIDAS PARA OTIMIZAÇÃO DO USO DE
RECURSOS ENERGÉTICOS E HÍDRICOS NO INSTITUTO FEDERAL DO
SERTÃO PERNAMBUCANO, CAMPUS SERRA TALHADA.**

Trabalho de Conclusão de Curso representado a Coordenação do curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, campus Serra Talhada, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof. Ma Rafaella Pereira Marinho.

SERRA TALHADA – PE

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S586 Silva, Maria Viviane Bezerra.

Análise da viabilidade de medidas para otimização do uso de recursos energéticos e hídricos no Instituto Federal do Sertão Pernambucano, campus Serra Talhada / Maria Viviane Bezerra Silva. - Serra Talhada, 2025.
63 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) -Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Serra Talhada, 2025.

Orientação: Profª. Msc. Profª. Msc. Rafaella Pereira Marinho.

1. Engenharia civil. 2. Sustentabilidade. 3. Redução de custos. 4. Gestão ambiental. I. Título.

CDD 624

MARIA VIVIANE BEZERRA DA SILVA

ANÁLISE DA VIABILIDADE DE MEDIDAS PARA OTIMIZAÇÃO DO USO DE
RECURSOS ENERGÉTICOS E HÍDRICOS NO INSTITUTO FEDERAL DO SERTÃO
PERNAMBUCANO CAMPUS SERRA TALHADA.

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do curso de
Bacharelado em Engenharia Civil do
Instituto Federal do Sertão Pernambucano,
Campus Serra Talhada, como requisito
parcial à obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Aprovado em 11 de fevereiro de 2025.

Banca Examinadora

Prof^a. Ma. Rafaella Pereira Marinho
IFSertãoPE, Campus Serra Talhada

Prof. Me. Victor Gabriel Alves de Souza
IFSertãoPE, Campus Serra Talhada

Prof. Dr. Ivan da Silva
Universidade Federal de Campina Grande

Serra Talhada
2025

Dedicatória.

Aos meus pais e a minha amada filha, por
todo apoio durante minha formação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado forças para conseguir chegar até aqui.

Agradeço a meus pais, Valmir Lopes Bezerra e Nadjane Pedro da Silva Lopes pelo amor incondicional, pelo apoio incansável e por me ensinarem o valor da dedicação e do esforço. Sem vocês, nada disso seria possível.

Agradeço a minha amada filha, Maria Isabelly Bezerra, minha maior inspiração, razão do meu empenho e motivação diária para seguir em frente. Que este caminho trilhado sirva como exemplo de perseverança e sonhos alcançados.

Agradeço a minhas irmãs, Vitória Beatriz, Vitória Régia e em especial a Maria Gabriela que sempre levantava minha cabeça e me incentivava quando pensava em desistir, a você Gabriela, gratidão.

Agradeço a minha amada avó Francisca Bezerra Lopes (in memoriam) por todo carinho e cuidado para comigo.

Agradeço a meus tios na pessoa de Dr. Vital Bezerra Lopes, que sempre me incentivou e me guiava sempre que precisava.

Agradeço a todos os meus colegas de sala em especial à, Clarisse, Gustavo, Higor, Rodolfo, e com imenso carinho a Maria Gabrielle que sempre me ajudou e esteve ao meu lado durante todo o curso.

Agradeço a Elenilson e a Miguel, por me ajudar com informações referente ao meu trabalho.

Agradeço a todos os professores, pelas orientações e ensinamentos adquiridos no meu processo de formação profissional ao longo do curso.

Agradeço ao Professor Ivan Silva, que tanto me ajudou e sempre se mostrou disposto para sanar as minhas dúvidas.

Agradeço a minha querida orientadora Rafaella Marinho, pela atenção, motivação e principalmente pelos ensinamentos repassados. Seu apoio foi crucial para a realização deste trabalho.

Agradeço aos professores participantes da banca examinadora, pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões para enriquecimento do meu trabalho.

Agradeço ao IF Sertão por ofertar o curso de engenharia civil, o qual tive a oportunidade de estudar e conquistar o tão sonhado diploma.

“O que sabemos é uma gota, o que ignoramos é um oceano.” Isaac Newton

RESUMO

A gestão eficiente de recursos energéticos e hídricos é um dos principais desafios enfrentados por instituições públicas, especialmente em um cenário de aumento dos custos e da escassez desses insumos. Diante deste contexto, este trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade de implementar dispositivos poupadores de água e energia no IF Sertão PE – Campus Serra Talhada, com o intuito de otimizar o uso desses recursos e reduzir os custos operacionais. A metodologia adotada envolveu a coleta de dados sobre o consumo de energia e água na instituição, com uma análise comparativa dos registros históricos. Também foi realizado um levantamento de tecnologias e práticas sustentáveis, seguido de cálculos de viabilidade, focando na eficiência, retorno financeiro e impacto ambiental. A pesquisa adotou uma abordagem quantitativa, que permitiu uma análise detalhada e precisa dos dados e a verificação das hipóteses levantadas. Os resultados indicaram que a substituição de equipamentos convencionais por modelos mais eficientes pode resultar em uma redução estimada de 40% no consumo mensal de energia elétrica, com um retorno financeiro previsto em pouco mais de 9 anos. No sistema hidráulico, a troca de equipamentos, como vasos sanitários de acionamento dual, e a manutenção nas torneiras, geraram uma redução de 52,73% no consumo de água, com retorno financeiro estimado em apenas 1 ano e 4 meses. Esses resultados confirmaram a eficácia das intervenções, demonstrando uma significativa economia financeira e um impacto positivo na sustentabilidade ambiental. O estudo reforça a importância de alinhar a eficiência econômica com a responsabilidade ambiental, e as práticas sustentáveis adotadas servem como exemplo para outras instituições que busquem soluções semelhantes para otimizar o uso de recursos naturais e reduzir custos operacionais.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Redução de custos; Gestão ambiental.

ABSTRACT

The efficient management of energy and water resources is one of the main challenges faced by public institutions, especially in a scenario of rising costs and scarcity of these resources. In this context, this study aimed to analyze the feasibility of implementing water and energy-saving devices at IF Sertão PE – Serra Talhada Campus, with the goal of optimizing the use of these resources and reducing operational costs. The methodology involved collecting data on the institution's energy and water consumption, with a comparative analysis of historical records. A survey of sustainable technologies and practices was also conducted, followed by feasibility calculations focusing on efficiency, financial return, and environmental impact. The research adopted a quantitative approach, enabling detailed and accurate data analysis and the verification of the hypotheses raised. The results indicated that replacing conventional equipment with more efficient models could lead to an estimated 40% reduction in monthly energy consumption, with a financial return expected in just over 9 years. In the water system, replacing equipment such as dual-flush toilets and maintaining faucets resulted in a 52,73% reduction in water consumption, with a financial return estimated in only 1 year and 4 months. These results confirmed the effectiveness of the interventions, demonstrating significant financial savings and a positive impact on environmental sustainability. The study emphasizes the importance of aligning economic efficiency with environmental responsibility, and the adopted sustainable practices serve as an example for other institutions seeking similar solutions to optimize the use of natural resources and reduce operational costs.

Keywords: Sustainability; Cost reduction; Environmental management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Matriz Energética Nacional 2021	16
Figura 2 - Selo Procel de Economia de Energia	19
Figura 3 - Comparativo entre sistema inverter e convencional	22
Figura 4 - Retirada de água no Brasil, 2019	23
Figura 5 - Diagrama para desenvolvimento do PCRA (ADAP.)	25
Figura 6 - Arejador	29
Figura 7 - Esquema ilustrativo de uma válvula de descarga	30
Figura 8 - Mictório com sifão	31
Figura 9 - Mapa da cidade de Serra Talhada – PE	32
Figura 10 - IF Sertão Campus Serra Talhada.	34
Figura 11 - Fluxograma das etapas a serem desenvolvidas.	36
Figura 12 - Fatura do mês de março	38
Figura 13 – Poço	45
Figura 14 - Bacia sanitária (a), válvula de descarga (b) e mictório (c).....	47
Figura 15 – Torneira necessitando de manutenção	47
Figura 16 – Ar condicionado split (a) Lâmpada tubular (b)	48
Figura 17 – Redução de consumo de água	52
Figura 18 - Estimativa de redução na conta de energia elétrica	53
Figura 19 - Estimativa de redução na conta de água	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo por região geográfica (GWh)	18
Tabela 2 - Equipamentos convencionais e de baixo consumo de água	26 - 27
Tabela 3 - População institucional	35
Tabela 4 - Custo de energia	37
Tabela 5 - Consumo de energia	39 - 41
Tabela 6 - Consumo fora da ponta do ano de 2024	42
Tabela 7 - Consumo de energia da ponta do ano 2024	42
Tabela 8 - Consumo de água do ano 2024	43
Tabela 9 - Demanda dos equipamentos hidrossanitários existentes	44
Tabela 10 - Relação de condicionadores de ar	46
Tabela 11 - Relação de aparelhos hidrossanitário	46
Tabela 12 - Detalhamento de custo unitário - Arejador Metal Para Torneira	48
Tabela 13 - Detalhamento de custo unitário - Bacia VDR com válvula de duplo acionamento (caixa acoplada)	49
Tabela 14 - Planilha Orçamentária	49
Tabela 15 - Precificação dos equipamentos	50
Tabela 16 - Demanda dos equipamentos hidrossanitários substituídos	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

BEN – Balanço Energético Nacional

CDD – Classificação Decimal de Dewey

DIM – Diagnóstico e Indicadores de Monitoramento

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEA – International Energy Agency (Agência Internacional de Energia)

IF Sertão-PE – Instituto Federal do Sertão Pernambucano

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

NR – Norma Regulamentadora

OECD – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

PCR – Plano de Conservação e Reuso de Água

PNSH – Plano Nacional de Segurança Hídrica

PNCDA – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

WWAP – Programa Mundial de Avaliação da Água

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11- 13
1.1 Objetivos.....	13
1.1.1 Objetivo geral	13
1.1.2 Objetivo específico.....	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Problematização do uso de recursos energéticos e hídricos	14
2.1.1 Recursos energéticos	15- 22
2.1.2 Recursos hídricos	22 - 31
3. METODOLOGIA	32
3.1 Localização da área de estudo	32 - 33
3.1.1 IFSertãoPE - Campus Serra Talhada	34 - 35
3.2 Etapas do desenvolvimento metodológico	35
3.3 Vistoria no local	36
4. RESULTADOS	37
4.1 Levantamento de dados atuais de consumo	37 - 45
4.2 Contagem dos dispositivos.....	45 - 46
4.3 Avaliação técnica e periódica.....	46 - 51
4.4 Análise comparativa e monitoramento de mudanças	51 - 52
4.5 Análise de viabilidade econômica para implantação	52 - 54
5. CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS	56 - 62

1. INTRODUÇÃO

A preservação dos recursos energéticos enfrenta grandes desafios nos dias atuais, devido ao aumento da demanda global e ao crescimento desordenado da população e indústria. Além disso, o uso predominante de combustíveis fósseis, como, petróleo e carvão, contribuem de forma significativa para o aquecimento global. A substituição para fontes de energias renováveis é passível de grandes períodos de tempo, devido ao alto custo de investimento econômico, político e tecnológico. Por outro lado, eficiência energética é fundamental na contribuição de redução dos impactos ambientais, segurança energética e competitividade econômica (Kruger & Ramos, 2016).

Com isso, promover a eficiência energética significa aplicar conhecimentos especializados na área de energia, integrando conceitos de engenharia, economia e gestão aos sistemas energéticos. Devido à complexidade e diversidade desses sistemas, é relevante utilizar técnicas e métodos que auxiliem na definição de metas e ações voltadas à melhoria do desempenho energético. Isso envolve a redução de perdas nos processos de transporte, armazenamento e distribuição de energia (Viana *et al.*, 2012). Para superar esses desafios, é essencial promover políticas de incentivo a energias limpas, melhorar a eficiência e investir em tecnologias sustentáveis.

A eficiência no uso de energia elétrica, tanto em ambientes residenciais quanto em públicos e industriais, está diretamente relacionada à otimização dos sistemas de distribuição, ao controle efetivo dos custos e à adoção de tecnologias que favorecem um consumo mais racional. Essa abordagem não apenas contribui para a redução do desperdício energético, mas também para a minimização dos impactos ambientais, reduzindo a emissão de gases de efeito estufa e diminuindo a dependência de fontes não renováveis. Dessa forma, a eficiência energética se alinha a práticas sustentáveis que favorecem a preservação dos recursos naturais e promovem benefícios econômicos e ambientais a longo prazo (Naturesa, 2011).

Uma outra questão preocupante especialmente no Semiárido Nordeste é a disponibilidade limitada de recursos hídricos, agravada pelas condições climáticas da região, marcada por chuvas escassas e concentradas em apenas três meses do ano, seguidas por longos períodos de seca. A ocorrência frequente de estiagens prolongadas intensifica os desafios enfrentados pelos moradores locais, gerando

impactos negativos em diversas áreas. Entre os fatores que agravam essa situação está o uso ineficiente da água, que contribui para a perda descontrolada desse recurso indispensável (Castro, 2012).

Reduzir o desperdício de água é essencial para minimizar os impactos do racionamento hídrico. Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA (2021), a escassez de água no Brasil é agravada pela má gestão dos recursos hídricos, e o racionamento tem efeitos econômicos e sociais significativos. Assim, adotar tecnologias que promovam o uso eficiente da água é fundamental para garantir sua disponibilidade no futuro.

Vale salientar também que, com base na perspectiva mundial em relação a disponibilidade per capita hídrica, o Brasil é um dos que representam situação privilegiada em relação ao grau de escassez física (ANA, 2021). Porém, Almeida e Pereira (2009), destacam que a distribuição de recursos hídricos no Brasil se dá de forma desigual, tendo em vista que a oferta de água no Brasil é de 40.000 m³/hab/ano e no Nordeste Setentrional essa razão é de 500 m³/hab/ano, refletindo na escassez por grandes intervalos de tempo nesta região.

Vale pontuar que as inovações tecnológicas oferecem uma abordagem eficaz para a otimização dos recursos hídricos em sua utilização, permitindo que seja possível reduzir o desperdício e melhorar a gestão dos recursos hídricos (Demanboro, *et al.*, 2015). Além disso, é fundamental realizar a conscientização da população sobre a importância de reduzir o desperdício de água enquanto ela é utilizada, destacando a necessidade de mudanças nos hábitos diários. No contexto da instituição onde será realizado o estudo, muitos usuários não demonstram preocupação com o desperdício, principalmente por não estarem diretamente envolvidos com o pagamento das contas de consumo. Essa falta de envolvimento financeiro pode levar à percepção de que o uso excessivo não gera consequências imediatas, o que reforça a necessidade de ações educativas para mudar esse comportamento.

Este trabalho tem como objetivo analisar o custo-benefício da instalação de dispositivos e equipamentos poupadores de água e energia no IF Sertão – Campus Serra Talhada, por meio da implementação de tecnologias sustentáveis. Para isso, busca identificar oportunidades de otimização no uso desses recursos, considerando a viabilidade econômica e ambiental das possíveis melhorias. Além disso, visa propor planos de ação estratégicos que promovam a redução do consumo de recursos e a

minimização dos impactos ambientais, contribuindo significativamente para a eficiência e sustentabilidade na gestão energética e hídrica da instituição.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Analisar e propor medidas para a otimização do uso de recursos energéticos e hídricos no Instituto Federal do Sertão Pernambucano, Campus Serra Talhada – PE.

1.1.2 Objetivo específico

- Analisar os padrões de consumo de energia elétrica e água na instituição para identificar áreas de alto consumo e implantação de melhorias, visando a eficiência energética;
- Apresentar e simular tecnologias sustentáveis através da introdução de dispositivos/equipamentos economizadores de energia e água;
- Realizar comparações dos custos do consumo antes e após a substituição do novo sistema, avaliando a redução de despesas e o retorno financeiro esperado para a instituição.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico discute o uso de recursos energéticos e hídricos, com foco em tecnologias eficientes como lâmpadas LED e ar-condicionado inverter. Aborda a gestão da água no semiárido nordestino e soluções como economizadores e reuso, além de destacar a importância de políticas públicas e regulamentações para práticas sustentáveis.

2.1 Problematização do uso de recursos energéticos e hídricos

O uso de recursos energéticos e hídricos no panorama contemporâneo é uma questão crucial. O enfático trabalho humano, o crescimento populacional e o avanço industrial, geram um impacto consideravelmente grande sobre esses recursos vitais. A exploração desenfreada e muitas vezes não sustentável desses recursos é preocupante acerca da sua disponibilidade futura e aos efeitos negativos sobre o meio ambiente. Com isso, as estratégias mais eficazes para reduzir as emissões de gases poluentes abrangem não apenas a conservação de energia, mas também o aumento da eficiência energética (Cooper; Sehlke, 2012; Brasil, 2009). Nesse cenário, a promoção do uso racional de energia e a adoção de tecnologias de produção energética mais limpas têm sido incentivadas por meio da divulgação de programas de incentivo governamentais como Procel. Essas iniciativas buscam não apenas reduzir a pegada ambiental, mas também estimular para a mudança de um modelo mais sustentável de consumo e produção de energia, nivelado com a responsabilidade socioambiental e conservação.

É válido pontuar que, a água até tempos atrás era considerada um recurso inesgotável, com exceção as regiões áridas do planeta, vale salientar, que a quantidade de água disponível sempre foi considerada suficiente para atender as necessidades da população, devido ao aumento do custo para obtenção de água em quantidade e qualidade adequada, com a necessidade de maiores investimentos no tratamento de efluentes de modo a minimizar seu impacto no meio ambiente. Todavia, o acelerado crescimento demográfico e o rápido desenvolvimento econômico têm gerado uma demanda crescente por água, tanto para satisfazer as necessidades básicas quanto para alimentar as atividades produtivas, industriais e agrícolas (Neto, 2019).

2.1.1 Recursos energéticos

Com o avanço tecnológico das edificações, as construções foram evoluindo com o passar dos anos, passando por adaptações destinadas a mitigar as altas temperaturas dos desertos e o frio intenso em determinadas regiões do mundo. É válido pontuar que, a principal fonte de energia para a maioria das residências era vinda dos recursos naturais, sendo empregada tanto de maneira passiva quanto ativa (por meio da combustão), desempenhando um papel fundamental na criação de ambientes mais confortáveis. (Roaf; Crichton; Fergus, 2009).

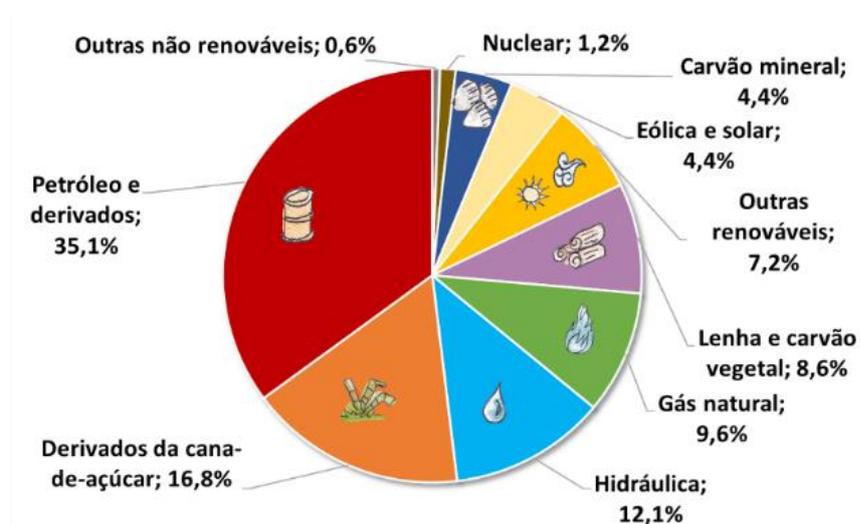
As atividades humanas sobre a Terra causam alterações no meio ambiente em que vivemos. A matriz energética mundial possui um consumo de energia primária que advém de fontes não renováveis, como o petróleo, carvão e gás natural (EPE, 2022). Nos balanços energéticos é delimitado a oferta e o consumo de energia, que por sua vez englobam as atividades e operações ligadas à exploração e produção de recursos energéticos primários, à conversão em forma secundárias, às contas de importação e exportação, à distribuição e, por fim, ao uso final da energia (Campos; Moraes, 2012). Isto posto, os conceitos na área da energia mais significativos englobam as noções de energia primária, energia secundária, energia útil, energia perdida, energia final, além de, energia convencional, energia alternativa, energia não renovável e energia renovável, conforme representado por Campos (2016), o mesmo autor ainda as define da seguinte forma:

- Energia primária: Forma como é encontrada na natureza antes de qualquer conversão ou processamento, como: gás natural, petróleo, energia solar, eólica, entre outros;
- Energia secundária: é obtida de fontes primárias, ou seja, advém de centros de transformação destinada diretamente para os setores de consumo;
- Energia útil: é transformada no trabalho desejado pelo consumidor, seja para, iluminação, refrigeração, entre outros. É calculada considerando os usos finais, as formas de energia final e os setores de atividade contemplados no balanço energético nacional;
- Energia perdida: é a energia dissipada, transformando em formas não utilizáveis ou desperdiçadas no processo de conversão.

- Energia final: após passar pelo processo de conversão, distribuição e transmissão é entregue a seus consumidores. É obtida através do somatório de energia útil e energia perdida;
- Energia convencional: são utilizadas há bastante tempo pela sociedade, dentro de uma estrutura técnica e econômica. No Brasil, as fontes convencionais são divididas de natureza fóssil, como: carvão, petróleo e gás natural; e de natureza não fóssil, como: nuclear, hidroeletricidade de grande porte e etanol;
- Energia alternativa: fontes de energia diferentes das tradicionais, sendo por sua vez mais sustentável e conseqüentemente menos impacto ambiental, porém, seu custo pode ser muito superior ao das energias convencionais;
- Energia não renovável: são fontes de energia que são limitadas, ou seja, que acabará num determinado tempo, representando em quantidades limitadas;
- Energia renovável: são fontes de um fluxo contínuo, ou seja, o seu estoque é repostado, conforme é utilizado pode ser considerado infinito. Entre os recursos energéticos renováveis é possível destacar a biomassa, a hidráulica, a geotérmica, solar, eólica, térmica do oceano, a ação das ondas e das marés.

Na Figura 1 é possível verificar as porcentagens de cada fonte energética presentes no Brasil. Incluindo a lenha e carvão vegetal, hidráulica, derivados de cana, eólica, solar entre outras renováveis, totalizando 49,1%, quase metade da matriz energética brasileira.

Figura 1 - Matriz Energética Nacional 2024



Fonte: BEN, 2024

Em 2023, as emissões de gases de efeito estufa no Brasil foram de 2,3 bilhões de toneladas de CO₂ equivalente, uma redução de 12% em relação a 2022. Essa

queda reflete avanços no uso de fontes renováveis, como hidrelétricas, eólicas e solares, reduzindo a dependência de termelétricas fósseis. Isso demonstra o progresso do país na produção de energia limpa, alinhando-se às metas climáticas e diminuindo os impactos ambientais (Seeg, 2024).

A oscilação climática pode afetar de forma direta ou indireta a saúde humana e as comunidades biológicas, podendo incluir também aumento na temperatura e oceanos, perda de habitats nos ecossistemas, mudanças nos padrões das chuvas, entre outros (HO *et al.*, 2016). Segundo Carbon Brief (2024), a posição do Brasil, no ranking das nações que menos emitem gases de efeito estufa devido a produção e uso de energia é a 4ª posição, ficando entre os 10 maiores emissores CO₂.

É importante destacar que, a relevância de ações integradas, para amenizar os efeitos prejudiciais do uso intensivo de fontes não renováveis é essencial e está diretamente ligado ao uso mais eficiente por parte dos consumidores e produtores de energia avançando assim em direção de uma matriz energética mais sustentável (Silva, *et al.*, 2003).

Dentro desse contexto, a energia se configura como um elemento de importância crucial para o avanço e crescimento econômico de uma nação, estado ou cidade. Em virtude dessa realidade, ao longo da história, a demanda por energia no mundo segue uma tendência contínua de crescimento. Essa busca incessante por recursos energéticos destaca a centralidade da energia como um motor essencial para impulsionar o desenvolvimento sustentável e atender às necessidades em constante expansão das sociedades (Andrade Silva; Guerra, 2009).

Em 2022, observou-se um acréscimo de 2,3% no consumo de energia elétrica. Os segmentos que mais influenciaram esse incremento em termos absolutos foram o setor comercial, com um crescimento de 7,5%, seguido pela indústria, que registrou um aumento de 2,4%. No âmbito residencial, houve uma elevação de 3,0%, enquanto o setor público apresentou um aumento significativo de 4,3% (EPE, 2023).

Com base na Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), é possível observar que a busca mundial por energia está prevista para manter uma trajetória ascendente nas próximas décadas, com uma taxa de crescimento anual estimada entre 1% e 1,3% até o ano de 2040. Essa projeção sugere que o consumo de energia poderá atingir um patamar até 30% superior ao atual (ANEEL, 2020).

Recentemente, o consumo de energia no Brasil tem experimentado um aumento em taxas superiores a 1% em quase todas as regiões, além de também

variar significativamente entre as regiões, refletindo as diferenças na concentração industrial, densidade populacional e clima de cada uma. Com isso é válido pontuar que, apesar do crescimento populacional e da expansão da indústria da região Nordeste, o consumo ainda é menor comparado às regiões Sul e Sudeste, conforme é evidenciado na Tabela 1 (EPE, 2022). Essa situação suscita preocupações, dado que o sistema energético depende predominantemente da geração hídrica, correndo o risco de colapso caso a demanda continue a crescer sem incentivos para o desenvolvimento de novas fontes de geração.

Tabela 1 - Consumo por região geográfica (GWh)

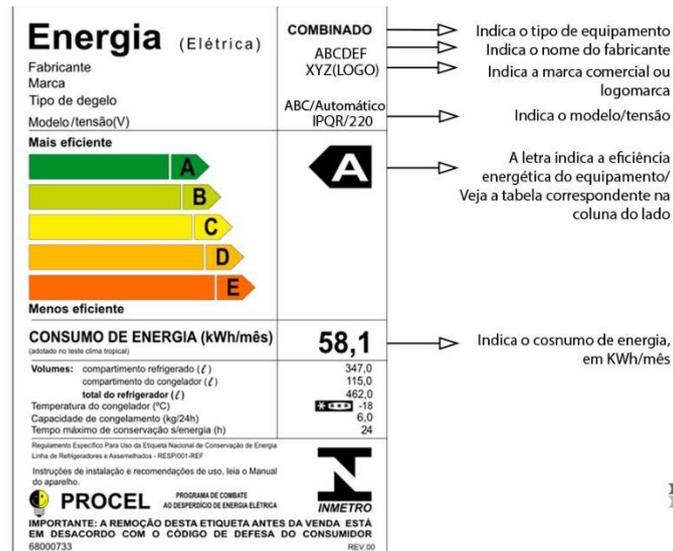
	2018	2019	2020	2021	2022	$\Delta\%$ (2022/2021)	Part. % (2022)
Brasil	475.764	482.527	476.569	497.503	509.364	2,4	100
Norte	32.436	33.087	34.720	36.479	38.157	4,6	7,5
Nordeste	80.499	83.150	81.170	87.147	88.057	1	17,3
Sudeste	238.806	238.451	233.032	241.274	247.911	2,8	48,7
Sul	87.173	89.421	88.703	92.761	94.683	2,1	18,6
Centro-Oeste	36.850	38.419	38.944	39.843	40.557	1,8	8

Fonte: EPE, 2022 (ADAP.)

A baixa eficiência dos edifícios é um dos principais fatores que contribui para o uso excessivo de energia, trazendo uma aflição nos estudos sobre sustentabilidade (Costa Filho *et al.*, 2021). No Brasil, a temática da eficiência energética tem sido objeto de discussão desde o ano de 1985, por meio da implementação do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL). O propósito central desse programa é a redução do desperdício, controle do consumo e gerenciamento da demanda de energia elétrica. Dessa maneira, ressalta-se a significativa importância desse programa como um agente estimulador e incentivador tanto da eficiência energética quanto da conservação de energia (Procel, 2017). O selo apresenta dados essenciais sobre o produto, incluindo o tipo de equipamento, o nome do fabricante, a voltagem (110V, 220V ou bivolt), entre outras especificações. Além disso, informa o consumo mensal em kWh/mês e, com base nesses critérios, o produto é classificado em uma escala que varia de A a G, conforme a Figura 2.

É válido pontuar que para cada categoria de equipamento, são definidos índices específicos de consumo e desempenho. Os equipamentos que desejam obter o selo precisam passar por testes realizados em laboratórios credenciados pela Eletrobrás. Somente aqueles que atenderem aos critérios estabelecidos recebem o Selo Procel.

Figura 2 - Selo Procel de Economia de Energia



Fonte: Inmetro, 2022.

Foi lançado pelo Inmetro regulamentos referentes ao nível de eficiência energética de edifícios comerciais e públicos desde 2009. No ano de 2001 com a promulgação da Lei nº 10.295, que procede com a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, foram estabelecidos mecanismos de avaliação a etiquetagem e a inspeção para verificar e classificar o nível de eficiência energética de edifícios. Logo em seguida, a partir do Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2009, foi definido os níveis máximos e mínimos de consumo de energia e eficiência energética, para máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no país (Inmetro, 2022).

Na mitigação dos problemas relacionados ao aquecimento global, é importante pontuar a eficiência energética que possui um papel crucial na redução dos principais impactos causadores desse fenômeno, sendo por sua vez uma alternativa mais econômica de atendimento do que o aumento na oferta de energia (Metz, 2007). Dessa forma, a conservação de energia emerge uma alternativa de diminuição dos efeitos ambientais adversos e aumento na competitividade da indústria.

Conforme o Conselho Mundial de Energia (2010) é notório, que a eficiência energética se apresenta como uma alternativa vantajosa, sobre os efeitos que os impactos ambientais causam para o meio ambiente. De acordo com os economistas, a eficiência vai além de simplesmente reduzir o consumo de energia e sim uma referência mais abrangente que leva a uma diminuição da quantidade de energia utilizada para produzir uma unidade de atividade econômica, como o PIB. Para tanto, mudanças comportamentais envolvem a modificação de hábitos e práticas, visando

uma utilização mais eficiente da energia, através da conscientização sobre a importância do uso racional de energia, a adoção de medidas para conservação energética em residências e empresas e a promoção do estilo de vida mais sustentáveis em relação ao consumo de energia.

Com isso é válido pontuar que, o consumo desnecessário de energia frequente é uma conduta individual e na maioria das vezes, está relacionado à falta de equipamentos adequados. Em síntese, as mudanças econômicas se referem a políticas e incentivos que visam tornar mais atrativo o investimento em eficiência energética.

O consumo de energia elétrica nas residências brasileiras cresceu mais de 60% no período de 2005 a 2017, os equipamentos de refrigeração são responsáveis por 36% do consumo total de energia elétrica. Os condicionadores de ar têm influência direta no aumento do consumo (...), a utilização da tecnologia inverter nesses equipamentos aumenta a eficiência dos equipamentos gerando economia (...) (Santos, 2021).

(a) Medidas de conservação para redução do consumo de energia elétrica

Dentre os aparelhos e dispositivos que reduzem o consumo de energia elétrica, destacam-se os condicionadores de ar com tecnologia inverter, as lâmpadas LED e os sistemas de automação. Condicionadores inverter ajustam a potência conforme a necessidade, evitando picos de energia e proporcionando uma economia significativa em comparação aos modelos convencionais. Já as lâmpadas LED consomem até 80% menos energia do que as incandescentes e possuem maior durabilidade, reduzindo também os custos de manutenção.

- Ar condicionado inverter

Com o avanço tecnológico, muitas inovações começaram a chegar ao mercado, incluindo o desenvolvimento, nos anos 2000, dos modelos Split, que introduziram a divisão entre a unidade interna e a unidade externa. A unidade interna é responsável por distribuir o ar fresco no ambiente, enquanto a externa realiza o processo de troca térmica, liberando o calor para fora. Essa separação possibilitou uma operação mais silenciosa e eficiente, especialmente em residências (Moraes, 2023).

Dentro desse contexto, o ar-condicionado inverter surgiu como uma evolução tecnológica, destacando-se por sua eficiência, durabilidade e baixo nível de ruído.

Utilizando o controle de velocidade do compressor, esse modelo mantém a temperatura constante, evitando os ciclos de liga e desliga, o que reduz o desgaste do motor, diminui a emissão de ruídos e proporciona um ambiente mais confortável, além de consumir menos energia.

Explicando melhor, a tecnologia faz com que o compressor nunca precise ser desligado completamente e, desta forma, não ocorrem picos de voltagem. Sendo assim, quanto menos calor precisar ser retirado do ambiente, menor será a velocidade do compressor e vice-versa. Por funcionar dessa maneira, um ar-condicionado inverter consome cerca de 60% menos energia em comparação com um modelo que não tem essa tecnologia.

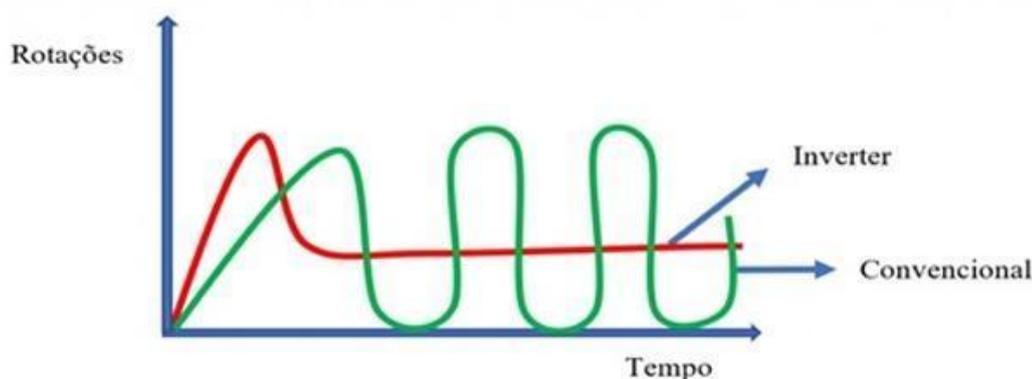
Além disso, como o compressor do ar-condicionado inverter sempre está a atuar, não há oscilações na temperatura. Ou seja, você não passa frio ou calor a cada instante, pois a temperatura sempre fica estável (Davanz, 2022).

O motor inverter funciona continuamente, ajustando a potência conforme a necessidade de resfriamento do ambiente. Dessa forma, o Inverter adapta a força do motor conforme a demanda de climatização, proporcionando maior eficiência energética e mantendo o ambiente em uma temperatura constante (Giacomini, 2020).

A tecnologia split inverter é uma alternativa ao controle tradicional on-off do compressor. Em 2018, o grupo de pesquisa em Refrigeração e Ar Condicionado do IMT realizou um estudo para comparar o consumo de energia entre essas duas tecnologias. O estudo, que incluiu testes práticos, mostrou que a unidade inverter teve um desempenho energético muito melhor. O consumo de energia foi reduzido em 61,2%, 64,0% e 69,8% nos meses de março, abril e maio, respectivamente, em comparação com a unidade não-inverter (Peixoto, Paiva, Melero, 2019).

Os sistemas de ar-condicionado inverter utilizam um inversor de frequência para ajustar a velocidade do motor do compressor conforme a necessidade de temperatura no ambiente. Nesse tipo de equipamento, o compressor não é desligado, mas sua rotação é reduzida quando a temperatura desejada é alcançada (Rangel, 2020). O Figura 3 ilustra a comparação entre o funcionamento de um sistema de ar condicionado convencional e um modelo inverter.

Figura 3 - Comparativo entre sistema inverter e convencional.



Fonte: Rangel, 2020.

- **Lâmpadas LED**

Em relação às lâmpadas incandescentes, as lâmpadas de LED consomem cerca de 82% a menos de energia, proporcionando uma economia significativa na conta de luz. Além disso, a durabilidade das lâmpadas de LED, que pode chegar a até 50.000 horas, é muito superior às incandescentes, com apenas 1.000 horas, e às fluorescentes, que alcançam cerca de 6.000 horas. Essa maior durabilidade não só reduz a frequência de substituições como também diminui os custos com manutenção, tornando o LED uma opção mais econômica e sustentável a longo prazo. Outro benefício das lâmpadas de LED é sua ampla disponibilidade em diversos tamanhos, formatos e temperaturas de cor, o que permite sua aplicação em diferentes ambientes e projetos de iluminação, desde residenciais até comerciais e industriais. Além disso, as lâmpadas LED não possuem mercúrio, como as fluorescentes, o que as torna mais seguras para o meio ambiente e para a saúde humana (Santos, 2015).

2.1.2 Recursos hídricos

A água é um bem essencial na vida de qualquer ser humano, é o que impulsiona o desenvolvimento econômico e social, é essencial para manter a saúde, a produção de alimentos, gerenciamento do meio ambiente, criação de empregos e geração de energia, esclarece então o ciclo hidrológico, a partir da captação, percorrendo as diversas utilizações até o retorno para o ambiente natural (World Bank, 2016).

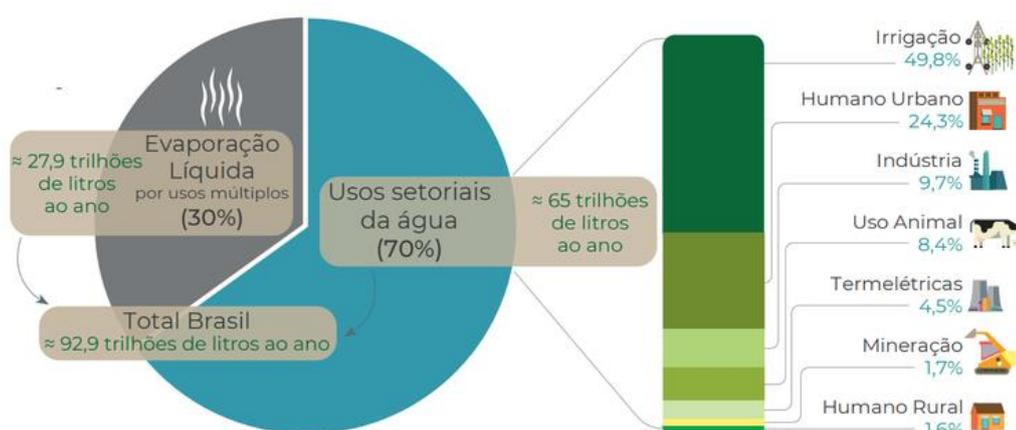
Neste contexto, a água desempenha um papel essencial para a produção de bens ao longo de toda cadeia de abastecimento agroalimentar, enquanto a energia é requerida para a produção e distribuição da água e alimentos, aumentando assim, a

demanda por recursos hídricos (WWAP, 2014). Com isso, é válido pontuar que, a água tem um papel essencial para determinação da viabilidade de projetos de energia, à medida que os crescimentos populacionais e econômicos aumentam a competição por esse recurso (IEA, 2012).

A criação da lei das águas em 1997, estabeleceu a gestão de recursos hídricos no Brasil, de forma legal e institucional. Esse avanço na estrutura política de gestão hídrica conta com o apoio da criação de órgãos como comitês e agências de bacias hidrográficas, além de conselhos nacionais e estaduais, visando fortalecer a administração e a proteção dos recursos hídricos do país. Em 2000, foi criada a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) por meio da Lei nº 9.984, a agência regulamentadora das águas de domínio da União (interestaduais, transfronteiriças e reservatórios federais), no Brasil, existem diversas utilidades para o emprego da água, que influenciam de certa forma, o uso racional da água, assegurando assim o controle quantitativo e qualitativo e o direito do acesso à água (Brasil, 1997).

Cerca de 93 trilhões de litros de água são retirados de fontes subterrâneas para diversos fins, como irrigação e geração de energia, alguns desses usos têm variações de consumo ao longo do ano devido a fatores como clima e demanda, o que pode afetar a quantidade de água utilizada em diferentes períodos, é possível fazer uma análise sobre a retirada de água no Brasil em 2019 através do Figura 4, que por sua vez, mostra que a evaporação líquida é responsável por 27,9 trilhões de litros ao ano, já os usos setoriais são responsáveis por utilizar aproximadamente 65 trilhões de litros de água no ano (OECD, 2022).

Figura 4 - Retirada de água no Brasil, 2019



Fonte: ANA, 2019.

Com a criação da lei que objetiva promover o uso racional de água, no país que possui apenas 12% das reservas de água doce e das maiores bacias hidrográficas do mundo (OECD/FAO, 2015). O governo fica de sobreaviso sobre a escassez de água, com isso, foi criado em 2012 o Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH), onde no ano de 2019 foi desenvolvido um plano de investimentos de R\$ 27,6 bilhões até 2035 foram critérios formulados para amenizar os impactos. O programa proposto (PNSH) visa atender pessoas onde o abastecimento de água encontra-se em risco e locais que sejam prováveis acontecer impactos econômicos de R\$ 518 bilhões devido à perda na produção industrial e agrícola caso nenhuma medida seja tomada (OECD, 2022).

Analisando o momento econômico atual brasileiro é possível averiguar a hidrelétrica como fonte de energia mais importante no Brasil, trazendo instigações e riscos variados, como deslocamentos de comunidades, alterações substanciais nos ecossistemas dos rios, inundações de extensas regiões, é de suma importância a realização de análises detalhadas para mitigar esses riscos e assegurar a distribuição igualitária dos benefícios deste recurso renovável (World Bank, 2016).

Para tanto são necessárias a adoção de medidas de otimização dos recursos hídricos, relatadas a seguir:

(b) Medidas de conservação dos recursos hídricos

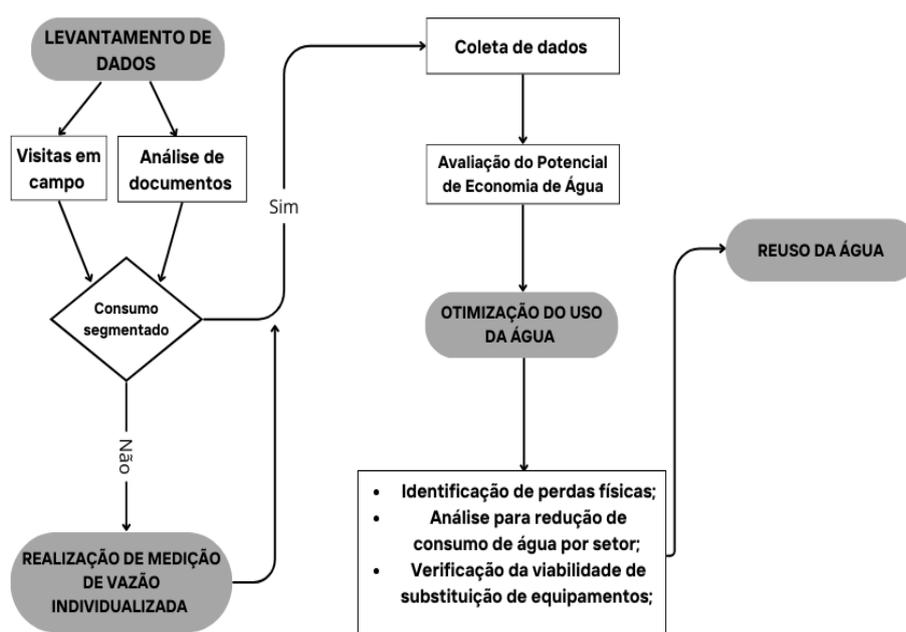
Para efetivamente implementar um Plano de Conservação e Reuso de Água (PCRA) na indústria, é crucial abordar uma série de aspectos, incluindo os legais, institucionais, técnicos e econômicos. Essa abordagem abrangente é fundamental para garantir o uso racional da água e maximizar os benefícios ambientais e econômicos da iniciativa. Através da adoção do PCRA é possível observar a diminuição do consumo de água e minimização da geração dos efluentes. Para a implantação do PCRA é necessário o levantamento de dados, com o objetivo de avaliar de maneira qualitativa e quantitativa tanto a demanda quanto a oferta de água, para minimizar o consumo de água e reduzindo então o desperdício (Martins, 2012).

Com os fatos obtidos através dos diagnósticos obtidos, é possível identificar perdas físicas causadas por vazamentos em tubulações, registros, entre outros. Porém, para verificar as perdas internas, é necessário avaliar com base nos resultados obtidos do monitoramento do consumo de água. Nesta fase, também se avalia o desperdício de água, que ocorre principalmente devido a atitudes negligentes

dos funcionários, como não fechar ou fechar mal as torneiras. Medidas para reduzir ou eliminar essas perdas e desperdícios geralmente requerem pequenos investimentos e produzem resultados significativos (Sautchük, 2005).

Dessa forma, com os levantamentos realizados sobre redução de perdas e desperdícios, o reuso da água é uma das principais possibilidades para reduzir o consumo de água, conforme mostrado na Figura 5, representamos um diagrama das principais etapas para o desenvolvimento de programas de conservação e reuso de água (DIM, 2006).

Figura 5 - Diagrama para desenvolvimento do PCRA (ADAP.)



Fonte: DIM, 2006.

Através da análise documental disponível nos sistemas é possível averiguar em campo técnicas de como otimizar o uso da água, através da identificação das perdas existentes no sistema, verificação de redução de consumo de água por setor e verificação da viabilidade de substituição de equipamentos (DIM, 2006).

Com a implementação do reuso de água e o aproveitamento da água da chuva, parte da água utilizada pela instituição passa a ser gerada no próprio local, diminuindo a quantidade retirada dos mananciais. Essas medidas de conservação hídrica permitem reduzir os custos relacionados à captação e tratamento da água, incluindo os custos de energia associados, e podem até adiar a necessidade de expansão do sistema de abastecimento de água potável. Além disso, é fundamental avaliar a

viabilidade técnica e econômica de propostas para otimizar processos e equipamentos. Neste caso, devido aos altos investimentos necessários, é importante priorizar os processos e equipamentos que consomem mais água. As medidas podem incluir a automação, a modificação dos processos e/ou a substituição dos equipamentos por versões mais eficientes (Martins, 2012), sendo os últimos apresentados a seguir.

(c) Aparelhos poupadores de Água

A utilização de equipamentos economizadores de água representa uma alternativa eficiente para o gerenciamento da demanda hídrica, promovendo a redução do consumo de forma automatizada e independente das ações diretas dos usuários (Lombardi, 2012). Esses dispositivos incluem torneiras com temporizadores, descargas de duplo acionamento e arejadores, que regulam o fluxo de água sem comprometer a funcionalidade dos equipamentos. Atualmente, o mercado nacional oferece uma ampla variedade de opções acessíveis e tecnologicamente avançadas, permitindo sua adaptação em diferentes ambientes, como residências, comércios e instituições públicas. Na Tabela 2, é possível verificar a relação entre os equipamentos convencionais e suas versões economizadoras, bem como a estimativa de redução no consumo de água associada a cada substituição. Essa abordagem evidencia como a adoção de tecnologias sustentáveis pode contribuir significativamente para a conservação dos recursos hídricos e para a redução de custos operacionais.

Tabela 2 - Equipamentos convencionais e de baixo consumo de água

Equipamento convencional	Consumo médio	Equipamento de baixo consumo	Consumo médio	Redução média
Bacia com caixa acoplada ou caixa elevada bem regulada	12 litros/descarga	Bacia VDR *	6 litros/descarga	50%
		Bacia VDR com válvula de duplo acionamento (caixa acoplada)	3 e 6 litros/descarga	50%
Bacia com válvula bem regulada	10 litros/descarga	Bacia VDR *	6 litros/descarga	40%
		Bacia VDR com válvula de duplo acionamento	3 e 6 litros/descarga	40%
Ducha (água quente/fria) - até 6 mca	0,19 litros/seg	Regulador de vazão	0,10 litros/seg	47%
		Restritor de vazão de 8 litros/min	0,13 litros/seg	32%
		Válvula de fechamento automático	0,11 litros/seg	42%

Tabela 2 - Equipamentos convencionais e de baixo consumo de água (Continuação)

Equipamento convencional	Consumo médio	Equipamento de baixo consumo	Consumo médio	Redução média
Ducha (água quente/fria) - 15 a 20 mca	0,34 litros/seg	Regulador de vazão	0,10 litros/seg	71%
		Restritor de vazão 8 litros/min	0,13 litros/seg	62%
		Válvula de fechamento automático	0,11 litros/seg	67%
Ducha (água quente/fria) - 15 a 20 mca	0,34 litros/seg	Regulador de vazão	0,18 litros/seg	53%
		Restritor de vazão 12 litros/min	0,20 litros/seg	41%
		Válvula de fechamento automático	0,11 litros/seg	67%
Torneira de pia ou lavatório - até 6 mca	0,23 litros/seg	Regulador de vazão	0,07 litros/seg	70%
		Arejador vazão cte (6 litros/min)	0,10 litros/seg	57%
Torneira de pia ou lavatório - até 15 a 20 mca	0,42 litros/seg	Regulador de vazão	0,07 litros/seg	83%
		Arejador vazão cte (6 litros/min)	0,10 litros/seg	76%
Torneira uso geral/tanque - 6 mca	0,26 litros/seg	Regulador de vazão	0,13 litros/seg	50%
Torneira uso geral/tanque - 15 a 20 mca	0,42 litros/seg	Regulador de vazão	0,21 litros/seg	50%
Torneira uso geral/tanque - 6 mca	0,26 litros/seg	Restritor de vazão	0,10 litros/seg	62%
Torneira uso geral/tanque - 15 a 20 mca	0,42 litros/seg	Restritor de vazão	0,10 litros/seg	76%
Torneira de jardim - 40 a 50 mca	0,66 litros/seg	Regulador de vazão	0,33 litros/seg	50%
Mictório	4 litros/uso	Válvula de fechamento automático	1 litro/uso	75%

Fonte: São Paulo, 2009, p. [29].

Segundo Talpur *et al.* (2020) obtiveram resultados notáveis com o uso de água de reuso para abastecimento das bacias sanitárias, conseguindo reduzir o consumo de água potável entre 25 e 42%. Além disso, conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) pode-se constatar a redução média utilizando cada equipamento, com isso, ainda segundo alguns fabricantes, para chegar a redução média mostrada acima é necessário averiguar a frequência de uso dos aparelhos, com isso fazer o uso racional é essencial para chegar nos resultados esperados (SABESP, 2009).

Entre os dispositivos economizadores de água estão os arejadores, bacia sanitária com acionamento duplo (dual-flush), bacia sanitária a vácuo, mictório coletivo

e mictório a seco. Dispositivos responsáveis por economizar significativamente o consumo de água em locais públicos.

- Torneiras

As torneiras podem ser usadas em várias áreas da casa, como banheiros, cozinhas, áreas de serviço e jardins. O consumo de água depende da vazão e do tempo de uso. Equipamentos tradicionais tendem a consumir mais água, mas isso pode ser reduzido com acessórios como arejadores, pulverizadores, fechamentos automáticos e acionamento por sensores (Lombardi, 2012).

Com a utilização de um dispositivo hidromecânico para a liberação de um tempo determinado de fluxo de água, o fechamento é automaticamente estabelecido. O intervalo de tempo para o fechamento pode variar entre 6 e 9 segundos, sendo necessário ajustar esse período conforme a atividade que será executada no ambiente onde a torneira será instalada. Dessa forma, é importante destacar que o fechamento automático, sem a necessidade de intervenção do usuário, não só promove a economia de água, mas também contribui para a manutenção da higiene. Para tanto, é possível encontrar no mercado torneiras dotadas de arejadores, que por sua vez aprimoram continuamente o desempenho das torneiras no que diz respeito à economia de água, indicado para sanitários públicos, onde o consumo é extenso (Kaminagakura, 2005, p. 81).

Os arejadores como é visto na Figura 6, sejam eles convencionais ou de vazão constante, são dispositivos de fácil instalação e baixo custo, adaptáveis a diversos modelos de torneiras. Utilizando o princípio de Venturi, eles introduzem ar no fluxo de água, proporcionando uma economia significativa. Apesar de sua ampla utilização, esses dispositivos são pouco abordados na literatura científica, com referências geralmente limitadas a descrições técnicas de fabricantes e organizações voltadas à gestão de recursos hídricos (Soares, 2010). Um exemplo prático dessa eficiência é destacado no blog da Blukit Metalúrgica (2010), que menciona que o arejador, além de melhorar o conforto ao reduzir respingos, pode gerar uma economia de até 60% no consumo de água em comparação com torneiras sem esse recurso.

Figura 6 - Arejador



Fonte: DOCOL, 2020.

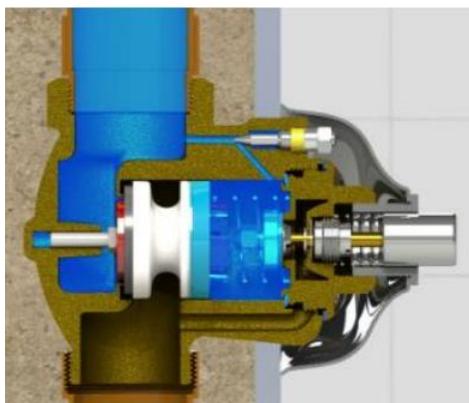
- **Bacias Sanitárias**

A bacia sanitária é um dispositivo sanitário projetado para a eliminação de excretas humanas, embora também possa ser utilizada para descarte eventual de outros materiais, como vômitos. Conforme a NBR 15097 (ABNT, 2010), as bacias sanitárias são classificadas em três tipos: bacia com caixa acoplada, bacia com válvula de descarga, bacia monobloco (PNCDA, 2003).

As bacias sanitárias com caixa de descarga acopladas utilizam um mecanismo de acionamento único ou duplo acionamento (dual-flush), o acionamento duplo possibilita a liberação de duas quantidades de água distintas, sendo uma de 6l e outra de 3l, para limpeza de desejos líquidos (Santos, 2020).

As bacias com válvula de descarga de parede são instaladas de forma embutida e conectadas diretamente à tubulação, conforme é ilustrado na Figura 7, sendo amplamente reconhecidas por oferecerem boa pressão e fluxo regulável, controlado diretamente pelo usuário. No entanto, essa característica, aliada à ausência de mecanismos automáticos de controle de fluxo, pode levar a um aumento significativo no consumo de água, especialmente em locais de uso intenso, impactando diretamente os custos com abastecimento e o desperdício de recursos hídricos (Tagliani, 2022).

Figura 7 - Esquema ilustrativo de uma válvula de descarga



Fonte: Simplificando a engenharia (2016).

Proença e Ghisi (2010), destacam que ações corretivas são fundamentais para melhorar a eficiência no consumo de água nas edificações, com a finalidade de corrigir o uso inadequado, promovendo a economia de recursos hídricos e garantindo melhor desempenho nas instalações. É importante ressaltar que, conforme apontado por Ilha, Gonçalves e Oliveira Júnior (2002), as bacias sanitárias têm um alto potencial para consumir água e, conseqüentemente, podem representar vazamentos que levam à perda desse recurso. Além disso, Oliveira (2002) observa que a falta de manutenção adequada nos equipamentos hidros sanitários resulta em um aumento significativo no desperdício de água.

As bacias com válvula de descarga de parede são instaladas embutidas e conectadas diretamente à tubulação, oferecendo boa pressão e fluxo regulável, controlado pelo usuário. No entanto, essa característica, juntamente com a falta de controle automático de fluxo, pode resultar em aumento no consumo de água, especialmente em locais de uso intenso, gerando impactos nos custos e no desperdício de recursos hídricos (Tagliani, 2022).

- Mictórios

Com base na NR24, pela portaria 3.219/78, nas instalações sanitárias masculinas, o uso de mictório é obrigatório. Além de utilizar material feito de louças sanitárias, impermeável e mantido em condições de limpeza e higiene, sempre promovido de descarga manual ou automática e obedecendo uma distância mínima de 0,60m entre elas para mictórios individuais, como é possível averiguar na Figura 8.

Figura 8 - Mictório com sifão



Fonte: DECA (2024)

A escolha por mictórios coletivos se apresenta como uma solução econômica e eficiente, capaz de atender a um grande número de pessoas por metro linear, utilizando um único equipamento. Esses mictórios, fabricados com chapa de aço (inox ou metálico), se destacam pela superfície lisa, que facilita a limpeza e contribui para a durabilidade do material. Além disso, são altamente eficientes no consumo de água, proporcionando uma economia de até 75%, com um consumo de apenas 1,5 a 2 litros por acionamento, em comparação com as bacias sanitárias, que utilizam, em média, 3 litros. Essa economia não só reduz os custos operacionais, mas também contribui para a preservação dos recursos hídricos (Projinox, 2023).

Com isso, a substituição de aparelhos sanitários convencionais por mictórios a seco pode resultar em uma significativa economia de água, variando entre 2 e 26 m³ por pessoa ao ano (Medeiros et al., 2021). Um estudo realizado na Cidade do Cabo por Chipako e Randall (2019) estimou que, ao adotar esses dispositivos em uma universidade sul-africana, seria possível economizar aproximadamente 17,6 mil m³ de água anualmente, considerando que os mictórios seriam higienizados três vezes ao dia.

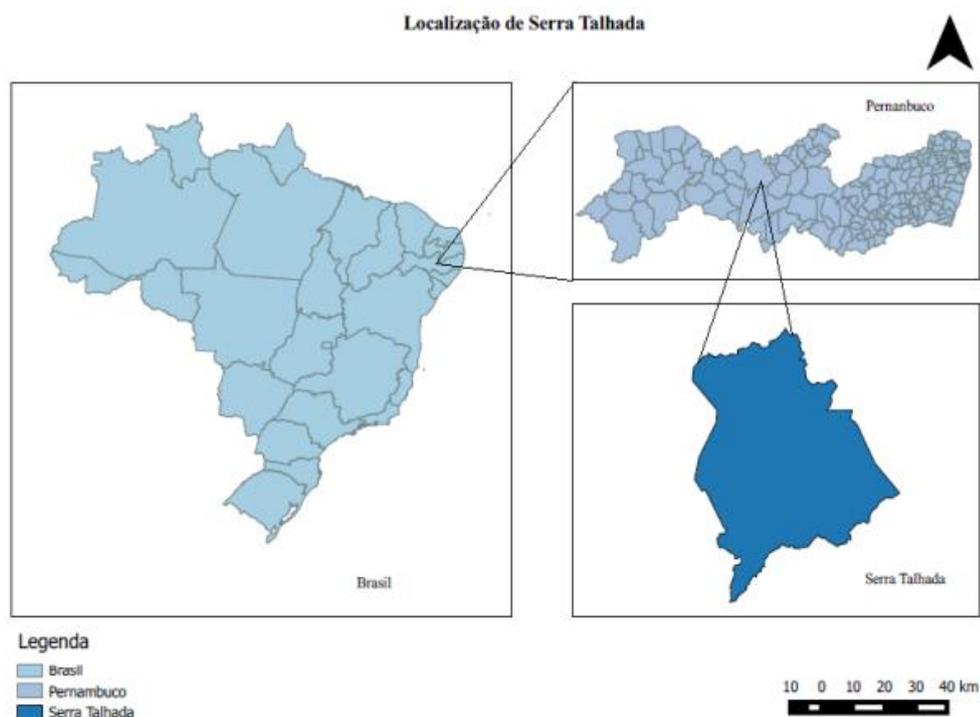
3. METODOLOGIA

A metodologia do trabalho envolveu a coleta de dados sobre o consumo energético e hídrico do IF Sertão, Campus Serra Talhada, com análise comparativa dos registros históricos. Foi realizada uma análise quantitativa para identificar desperdícios e áreas com potencial de melhoria. Também foi feito um levantamento de tecnologias e práticas sustentáveis, seguidos de simulações e cálculos de viabilidade, com foco na eficiência, retorno financeiro e impacto ambiental. O estudo resultou em recomendações práticas para otimizar o uso dos recursos e promover maior eficiência.

3.1 Localização da área de estudo

A cidade de Serra Talhada, é um município brasileiro localizado no estado de Pernambuco, com área territorial de 2.980,007 km² com base no (IBGE, 2023), como é possível ver na Figura 9. Possui um reconhecimento devido a sua importância econômica e cultural no sertão nordestino. Além disso, Serra Talhada tem um forte vínculo com a história do cangaço, sendo a terra natal de Virgulino Ferreira da Silva, o famoso Lampião.

Figura 9 - Mapa da cidade de Serra Talhada – PE



Fonte: Alves (2016).

O município de Serra Talhada está situado na bacia hidrográfica do Rio Pajeú, sendo um dos afluentes do Rio São Francisco e principal bacia hidrográfica da região do Sertão Pajeú, recebendo precipitações médias de 500 a 750 mm, com chuvas predominantemente concentradas no período de fevereiro a maio. A temperatura média anual é de 37 ° C, representando irregularidade na distribuição de chuvas ao longo do ano, com os maiores índices de chuvas registrados nos meses de março e abril. Considerando macroscopicamente a região, nos seis meses de janeiro a junho, concentram-se 90% dos volumes de chuva (Da Silva, 2017).

Segundo Silva et al. (2010), os meses de maior precipitação na região, com variações entre 60% e 70%, ocorrem de janeiro a abril, sendo março o mês com a maior contribuição pluviométrica. Esses achados são semelhantes aos resultados obtidos por Silva et al. (2015) e Pereira et al. (2015) para a área de Serra Talhada, PE, que reportaram uma média anual de precipitação de 642,1 mm e 642 mm, respectivamente. O reservatório está na região do semiárido, com temperatura média anual de 37 ° C e as irregularidades pluviométricas durante todo o ano, com maior precipitação em março e abril. Considerando macroscopicamente a região, nos seis meses de janeiro a junho, concentram-se 90% dos volumes de chuva. Nos seis meses de julho a dezembro distribuem-se os outros 10%. Esse fenômeno acarreta um regime de pluviosidade bastante desfavorável, com uma grande concentração de precipitação em cerca de 3 a 4 meses por ano e uma quase completa falta nos meses restantes (Da Silva, 2017).

Contudo, a bacia hidrográfica enfrenta desafios significativos relacionados à escassez hídrica e à gestão eficiente dos recursos, agravados pela irregularidade das chuvas, típica da região semiárida, e pela alta demanda por água. Essa demanda é especialmente intensa para atender às necessidades da agricultura, que representa uma das principais atividades econômicas locais, além do consumo humano, que cresce à medida que a população se expande. Esses fatores combinados intensificam a pressão sobre os recursos hídricos disponíveis, tornando essencial a adoção de estratégias de gestão sustentável e tecnologias que promovam a conservação e o uso racional da água.

3.1.1 IFSertãoPE - Campus Serra Talhada

O local onde foi realizado a pesquisa foi no IFSertãoPE, no Campus de Serra Talhada, como é observado na Figura 9, instituição de ensino federal no estado de Pernambuco onde o campus foi inaugurado em 30 de janeiro de 2017, com o objetivo principal de oferecer educação profissional e tecnológica em diversos níveis, desde o ensino médio integrado até os cursos superiores de graduação, conforme é observado na Figura 10 a sua localidade.

Figura 10 - IF Sertão Campus Serra Talhada.



Fonte: Instituto Federal do Sertão Pernambucano, 2024

No nível integrado, são ofertados os cursos técnicos em Logística, Edificações e Mecânica, que preparam os estudantes para o mercado de trabalho com uma formação técnica sólida e integrada ao ensino médio. No nível superior, destacam-se os cursos de Engenharia Civil e Licenciatura em Física, que contribuem para a formação de profissionais altamente capacitados nas respectivas áreas. Além disso, o campus conta com uma infraestrutura que inclui cantina, quadra de esportes, diversos laboratórios para aulas práticas e pesquisas, uma biblioteca bem equipada com acervo atualizado, salas de aula modernas, um auditório para eventos e palestras, além de ambientes dedicados ao convívio dos discentes e espaços administrativos que garantem o funcionamento eficiente da instituição. Essa estrutura tem como objetivo proporcionar um ambiente propício ao aprendizado, ao

desenvolvimento acadêmico e à interação entre os diferentes públicos que utilizam o campus.

A maior parte da população do campus é composta por professores, alunos e funcionários. Além dessa população fixa, há também a população temporária, formada por familiares de alunos e visitantes, que frequentam o campus de maneira esporádica e por períodos curtos. Contudo, essa categoria não foi considerada na análise devido à dificuldade de quantificação. Para estimar a economia de recursos com a implementação das novas tecnologias, foi considerado o quantitativo atual da população acadêmica, conforme apresentado na Tabela 3, totalizando 778 alunos, 81 docentes + TAE e 15 terceirizados. A frequência de uso por pessoa foi determinada com base no estudo de Silva (2016) e no percentual de homens na instituição, calculado a partir dos dados do IBGE (2022), sendo 48,5%. Esses dados auxiliam na projeção de economia de recursos e na avaliação do impacto das medidas propostas.

Tabela 3 - População institucional

Ano de referência	2024
Alunos	778
TAE + Docentes	81
Terceirizados	15
Total	874

Fonte: Dados da instituição 2024

3.2 Etapas do desenvolvimento metodológico

Nesta pesquisa foi realizado um estudo de caso na instituição de ensino, a fim de buscar otimização no seu sistema energético e hídrico, através de análise e levantamento de dados pôde-se obter os resultados que por sua vez foram analisados estatisticamente para identificar seus padrões e tendências comuns. Essas abordagens integradas garantem ao pesquisador todas as informações necessárias para gerar recomendações práticas aos interessados. Na Figura 11 são apresentadas as etapas realizadas para desenvolvimento do estudo.

Figura 11 - Fluxograma das etapas a serem desenvolvidas.



Fonte: Autora, 2024.

O estudo será desenvolvido em etapas sequenciais e estruturadas. Inicia-se com a revisão bibliográfica, buscando na literatura estudos sobre otimização de recursos. Em seguida, foi realizada uma vistoria no local para analisar e quantificar os equipamentos, identificar vazamentos, falta de manutenção e possíveis danos. O levantamento de dados consistirá na contagem dos dispositivos e na verificação de seu funcionamento e necessidade de manutenção. A avaliação técnica será feita por meio de inspeções visuais e comparações periódicas com os padrões de desempenho. Finalmente, será feita a análise comparativa e o monitoramento das mudanças implementadas para avaliar a eficácia das melhorias no sistema. Cada etapa será conduzida com foco na eficiência e no alcance dos objetivos do estudo.

3.3 Vistoria no local

Em toda a instituição, foi realizada uma vistoria minuciosa e abrangente com o objetivo de quantificar e identificar possíveis vazamentos ou problemas decorrentes da falta de manutenção em todas as instalações hidráulicas, com especial atenção aos banheiros. Além disso, foram inspecionadas as instalações elétricas, com foco na verificação das condições das lâmpadas e dos aparelhos de ar-condicionado, avaliando aspectos como eficiência energética e necessidade de reparos ou substituições. Essa análise detalhada teve como propósito identificar pontos de melhoria e propor intervenções que contribuam para a otimização do uso de recursos.

4. RESULTADOS

Este capítulo apresenta as análises e resultados do estudo de caso realizado no IFSertãoPE, Campus Serra Talhada, com o objetivo de comparar a substituição de equipamentos e o tempo de retorno do investimento. O foco é otimizar os recursos utilizados, melhorar o desempenho dos sistemas e reduzir os custos operacionais.

4.1 Levantamento de dados atuais de consumo

Os levantamentos de dados atuais de consumo foram obtidos com base nas faturas de água e energia elétrica fornecidas pela instituição.

i) Consumo energético

Com base na análise das faturas do instituto entre fevereiro e setembro de 2024, observou-se que o custo do consumo médio mensal com energia elétrica nos últimos oito meses foi de R\$ 10.609,81, conforme a Tabela 4.

Tabela 4 – Custo de energia		
Mês	Custo de energia mensal	
Fevereiro	R\$	11.554,61
Março	R\$	16.112,55
Abril	R\$	10.838,45
Maiο	R\$	5.711,40
Junho	R\$	5.310,81
Julho	R\$	11.056,19
Agosto	R\$	13.684,67
Média	R\$	10.609,81

Fonte: Celpe, 2024

Para realizar uma análise detalhada do consumo energético dos aparelhos de ar condicionados na instituição foi realizado um levantamento de todos os aparelhos existentes no Campus. O tempo de funcionamento de cada aparelho foi estimado com base no mapa de salas fornecido pela instituição, considerando que todas as salas e setores estavam em uso durante o período analisado. No entanto, não foi possível verificar se, de fato, todos os equipamentos estavam ligados continuamente. Por essa

razão, a estimativa foi realizada com base na premissa de que os condicionadores de ar operaram conforme os horários previstos para cada espaço.

O consumo na ponta refere-se à energia utilizada nos horários de maior demanda, que no estado de Pernambuco ocorrem entre 17h30 e 20h30, conforme informações da NEOENERGIA Pernambuco (2025). Durante esse intervalo, o custo da eletricidade é mais elevado devido ao aumento do consumo no sistema elétrico. Conforme é possível verificar na Figura 12.

Figura 12 – Fatura do mês de março



DANFE - DOCUMENTO AUXILIAR DA NOTA FISCAL DE ENERGIA ELÉTRICA ELETRÔNICA 2ª VIA

COMPANHIA ENERGÉTICA DE PERNAMBUCO
 AV. JOÃO DE BARROS, 111, BOA VISTA, RECIFE, PERNAMBUCO CEP 50050-902
 CNPJ 10.835.932/0001-08 | INSCRIÇÃO ESTADUAL 0005943-93

1 / 2

NOTA FISCAL Nº 304753472 - SÉRIE 000 / DATA DE EMISSÃO: 19/04/2024
 Consulte pela Chave de Acesso em:
<https://dfe-portal.svrs.rs.gov.br/N3el/consulta>
 chave de acesso:
 2624 0410 8359 3200 0108 6600 0304 7534 7210 2991 1919
 Protocolo de autorização: 3262400015066725 - 19/04/2024 às 15:03:57

NOME DO CLIENTE: INSTITUTO FEDERAL DE E. C. T. SERTAO CNPJ: 10.830.301/0008-72 ENDEREÇO: FZ ESTREITO 4 - KM IFPE Campus Serra Talhada SERRA TALHADA RURAL/SERRA TALHADA RURAL 56900-000 SERRA TALHADA PE	CÓDIGO DA INSTALAÇÃO 6220410		CÓDIGO DO CLIENTE 7021662520	
---	--	--	--	--

REF. MÊS/ANO 03/2024	TOTAL A PAGAR R\$ 16.112,55	VENCIMENTO 09/05/2024
--------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------

CLASSIFICAÇÃO: A4 Hora-sazonal Verde PODER PÚBLICO - FEDERAL	TIPO DE FORNECIMENTO: Trifásico
--	--

Cadastra-se e receba a sua fatura por e-mail, utilizando o QR code no verso da fatura.

DATAS DE LEITURAS	LEITURA ANTERIOR 29/02/2024	LEITURA ATUAL 31/03/2024	Nº DE DIAS 31	PRÓXIMA LEITURA 30/04/2024
-------------------	------------------------------------	---------------------------------	----------------------	-----------------------------------

ITENS DA FATURA	UNID.	QUANT.	PREÇO UNIT. COM TRIB. (R\$)	VALOR (R\$)	PIS/COFINS (R\$)	BASE CALC. ICMS (R\$)	ALÍQUOTA ICMS (%)	ICMS (R\$)	TARIFA UNIT (R\$)	TRIBUTOS	BASE DE CÁLCULO (R\$)	ALÍQUOTA (%)	VALOR (R\$)
Demanda Ativa	kW	126,25	30,09760995	3.799,82	133,51	3.799,82	20,50	778,96	22,87000000	PIS	13.756,85	0,79	108,67
Demanda Ativa Ultrap	kW	26,25	60,19521991	1.580,12	55,51	1.580,12	20,50	323,92	45,74000000	COFINS	13.756,85	3,63	499,37
Demanda Reativa Exc.	kVAr	0,00	30,09760995	0,00	0,00	0,00	20,50	0,00	22,87000000	ICMS	17.304,22	20,50	3.547,36
Consumo-TUSD NPonta	kWh	2.916,03	1,90646710	5.559,31	195,42	5.559,31	20,50	1.139,68	1,44865000				
Consumo-TUSD F.Ponta	kWh	7.863,64	0,12324622	969,16	34,04	969,16	20,50	198,67	0,09365000				
Consumo-TE Na Ponta	kWh	2.916,03	0,70011488	2.041,55	71,73	2.041,55	20,50	418,51	0,53199000				
Consumo-TE F.Ponta	kWh	7.863,64	0,42236672	3.321,33	116,69	3.321,33	20,50	680,87	0,32094000				
Cons.Reat.Exc.NPonta	kVArh	0,00	0,44625266	0,00	0,00	0,00	20,50	0,00	0,33909000				
Cons.Reat.Exc.FPonta	kVArh	73,80	0,44625266	32,93	1,14	32,93	20,50	6,75	0,33909000				
ICMS-CDE NF297424691				15,67									
Trib.Federal(5.85%)				697,50									
Trib.Federal(9.45%)				509,84									
GRANDEZAS CONTRATADAS													
											Demanda Contratada	100	

Fonte: IF Sertão-PE

Já o consumo estimado de cada equipamento foi calculado com base na tabela do Inmetro, que informa seu desempenho e eficiência energética. A partir desses dados, utilizou-se a seguinte fórmula para determinar o consumo total dos condicionadores de ar.

$$\frac{\text{Consumo de energia (Inmetro)}}{30} * qt. dias * qt. horas * qt. máquinas$$

Para uma análise mais representativa, considerou-se uma média de 20 dias letivos por mês. Essa estimativa aproxima os resultados da realidade, embora sem a confirmação exata do uso de cada aparelho (Tabela 5).

Tabela 5 - Consumo de energia

Local	Equipamento	Qt.	Nº horas/dia (fora de ponta)	Nº horas/dia (de ponta)	INMetro (kwh/mês)	Consumo kWh (fora de ponta)	Consumo kWh (de ponta)
Sala 1	Ar condicionado Split Piso / Teto 36000 BTUs	2	10,5	1,5	68,4	957,6	136,8
Sala 2	Ar condicionado Split Piso / Teto 36000 BTUs	2	9,9	1,5	68,4	902,88	136,8
Sala 3	Ar condicionado Split Piso / Teto 36000 BTUs	2	9		68,4	820,8	0
Sala 4	Ar condicionado Split Piso / Teto 36000 BTUs	2	9		68,4	820,8	0
Sala 5	Ar condicionado Split Piso / Teto 36000 BTUs	2	9,9	1,5	68,4	902,88	136,8
Sala 6	Ar condicionado Split Piso / Teto 36000 BTUs	1	10,5	1,5	68,4	478,8	68,4
Sala 7	Ar condicionado Split Piso / Teto 36000 BTUs	1	10,5	1,5	68,4	478,8	68,4
Sala 8	Ar condicionado Split Piso / Teto 36000 BTUs	2	9		68,4	820,8	0
Sala 9	Ar condicionado Split Piso / Teto 36000 BTUs	2	10,5	1,5	68,4	957,6	136,8
Sala 10	Ar condicionado Split Piso / Teto 36000 BTUs	2	5,5	1,3	68,4	501,6	118,56
Sala 11	Ar condicionado Split Piso / Teto 36000 BTUs	1	9,9	1,5	68,4	451,44	68,4
Sala 12	Ar condicionado Split Piso / Teto 36000 BTUs	1	10,5	1,5	68,4	478,80	68,4
Assistência ao Educando (Antessala)	Ar condicionado Split 18000 BTUs	1	1		34,1	22,73	0
	Ar condicionado Slipt Wall 24000 BTUs	1	1		48,6	32,40	0
Departamento de Administração e Planejamento	Ar condicionado Split 24000 BTUs	1	8		48,6	259,20	0
Coordenação de Extensão	Ar condicionado Split 9000 BTUs	1	3		17,1	34,20	0

Tabela 5 - Consumo de energia (Continuação)

Local	Equipamento	Qt.	Nº horas/dia (fora de ponta)	Nº horas/dia (de ponta)	INMetro (kwh/mês)	Consumo kWh (fora de ponta)	Consumo kWh (de ponta)
Sala T.I II	Ar condicionado inverter Split 18000 BTUs	1	4		34,1	90,93	0
Sala T.I	Ar condicionado Split 9000 BTUs	1	2		17,1	22,80	0
Direção de Ensino (Sala Principal)	Ar condicionado Split Piso/Teto 24000 BTUs	1	2		48,6	64,80	0
Coordenação de Pesquisa	Ar condicionado Split Piso/Teto 24000 BTUs	1	3		17,1	34,20	0
Almoxarifado Principal	Ar condicionado inverter Split 18000 BTUs	1	1		34,1	22,73	0
Laboratório de Informática I	Ar condicionado Split 48000 BTUs	2	2		97	258,67	0
Laboratório de Informática II	Ar condicionado Split Piso / Teto 24000 BTUs	1	2		48,6	64,80	0
Laboratório de Matemática	Ar condicionado Split Piso / Teto 48000 BTUs	1	1		97	64,67	0
Biblioteca	Ar condicionado Split Piso / Teto 36000 BTUs	4	9		68,4	1641,60	0
Data Center	Ar condicionado Split 24000 BTUs	2	1		48,6	64,80	0
Comunicação e Eventos	Ar condicionado Split 12000 BTUs	1	1		22,6	15,07	0
Guarita	Ar condicionado Split 9000 BTUs	1	10,5	1,5	17,1	119,70	17,1
Laboratório de Refrigeração e Climatização	Ar condicionado Split Piso / Teto 48000 BTUs	1	2		97	129,33	0
Laboratório de Física	Ar condicionado Split 24000 BTUs	2	2		48,6	129,60	0
Laboratório de Biologia	Ar condicionado Split 24000 BTUs	1	1		48,6	32,40	0
	Ar condicionado Split inverter 18000 BTUs	1	1		34,1	22,73	0

Tabela 5 - Consumo de energia (Continuação)

Local	Equipamento	Qt.	Nº horas/dia (fora de ponta)	Nº horas/dia (de ponta)	INMetro (kwh/mês)	Consumo kWh (fora de ponta)	Consumo kWh (de ponta)
Laboratório de Química	Ar condicionado Split 24000 BTUs	2	4		48,6	259,20	0
Laboratório de Engenharia Civil - Tecnologia da Construção	Ar condicionado Split Piso / Teto 48000 BTUs	1	1		97	64,67	0
Laboratório de Engenharia Civil - Materiais de Construção	Ar condicionado Split Piso / Teto 48000 BTUs	1	1		97	64,67	0
Laboratório de Engenharia Civil - Mecânica dos Solos	Ar condicionado Split Piso / Teto 48000 BTUs	1	1		97	64,67	0
Setor de Saúde	Ar condicionado Split 9000 BTUs	1	4		17,1	45,60	0
Setor de Saúde (Ambulatório)	Ar condicionado Split 12000 BTUs	1	4		22,6	60,27	0
Direção Geral	Ar condicionado Split 12000 BTUs	1	4		22,6	60,27	0
Auditório	Ar condicionado Split Piso / Teto 48000 BTUs	6	1		97	388,00	0
	Ar condicionado Inverter Split 12000 BTUs	1	1		22,6	15,07	0
Sala dos Professores	Ar condicionado Split 24000 BTUs	2	10,5	1,5	48,6	680,40	97,2
Controle Acadêmico	Ar condicionado Split Piso / Teto 36000 BTUs	1	8		68,4	364,80	0
Coordenação de Gestão de Pessoas	Ar condicionado Split 12000 BTUs	1	3		22,6	45,20	0
					Total (kWh)	13.812,97	1.053,66

Fonte: Autora, 2024

Com isso, foi possível chegar no consumo fora de ponta de 13.812,97 kWh/mês e no consumo da ponta de 1.053,66 kWh/mês. Com todos os dados de consumo calculados, é possível determinar o custo total da energia consumida através da multiplicação das respectivas tarifas fornecidas pela instituição do ano de 2024. A Tabela 4 detalha o consumo elétrico da instituição, distinguindo períodos de ponta e fora da ponta para uma análise mais precisa dos gastos.

Já o consumo fora da ponta ocorre nos períodos de menor demanda, quando o custo por kWh é reduzido. Com isso, a diferença entre as tarifas de TUSD (Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição) e TE (Tarifa de Energia) afeta diretamente o valor da conta de energia. A TUSD cobre os custos de transporte da energia, enquanto a TE refere - se ao valor pago pelo consumo de energia. Essas variações ilustradas nas Tabelas 6 e 7, mostram as mudanças nos custos e no consumo ao longo do tempo. Compreender essa dinâmica possibilita uma gestão mais eficiente da energia, reduzindo gastos e aumentando a eficiência. Além disso, a queda no consumo de maio a julho deve-se à greve na instituição, sendo considerado apenas o funcionamento do ar condicionado da guarita.

Tabela 6 - Custo fora da ponta do ano de 2024.

Mês	Consumo	Tarifa TUSD (fora da ponta)	Tarifa TE (fora da ponta)	Custo TUSD R\$	Custo TE R\$
Fevereiro	13.812,97	0,12	0,42	R\$ 1.657,56	R\$ 5.801,45
Março	13.812,97	0,12	0,42	R\$ 1.657,56	R\$ 5.801,45
Abril	4.604,32	0,12	0,42	R\$ 552,52	R\$ 1.933,81
Maio	142,43	0,11	0,41	R\$ 15,67	R\$ 58,40
Junho	142,43	0,11	0,42	R\$ 15,67	R\$ 59,82
Julho	142,43	0,11	0,41	R\$ 15,67	R\$ 58,40
Agosto	13.812,97	0,11	0,41	R\$ 1.519,43	R\$ 5.663,32
Setembro	13.812,97	0,11	0,42	R\$ 1.519,43	R\$ 5.801,45

Fonte: Baseado nas contas da Celpe, 2024.

Tabela 7 - Custo de energia da ponta do ano 2024

Mês	Consumo	Tarifa TUSD (da ponta)	Tarifa TE (da ponta)	Custo TUSD R\$	Custo TE R\$
Fevereiro	1053,66	1,91	0,7	R\$ 2.012,49	R\$ 737,56
Março	1053,66	1,9	0,7	R\$ 2.001,95	R\$ 737,56
Abril	351,22	1,92	0,7	R\$ 674,34	R\$ 245,85
Maio	17,1	1,87	0,67	R\$ 31,98	R\$ 11,46
Junho	17,1	1,88	0,68	R\$ 32,15	R\$ 11,63
Julho	17,1	1,86	0,67	R\$ 31,81	R\$ 11,46
Agosto	1053,66	1,87	0,67	R\$ 1.970,34	R\$ 705,95
Setembro	1053,66	1,87	0,67	R\$ 1.970,34	R\$ 705,95

Fonte: Baseado nas contas da Celpe, 2024.

A análise mostra que, embora o consumo fora da ponta seja mais econômico por kWh, o maior volume de consumo acaba gerando um valor total mais alto. Em contrapartida, o consumo na ponta, embora menor em quantidade, gera um custo mais elevado por kWh. Para otimizar os custos, seria mais vantajoso tentar consumir mais energia fora da ponta, aproveitando os preços mais baixos, e reduzir o uso durante os horários de pico, quando os preços são mais altos.

Esse comportamento é crucial para o planejamento energético, especialmente em ambientes como empresas ou instituições, onde o consumo de energia pode ser mais facilmente ajustado aos horários de menor demanda.

Tomando o mês de março como referência, o custo estimado com TUSD e TE, nos horários de ponta e fora de ponta, foi de R\$ 10.198,52. Esse valor se aproxima do registrado na fatura da Neoenergia de março de 2024, que apresentou um custo total de R\$ 11.891,35 para o mesmo período.

ii) Consumo hídrico

A análise foi realizada também para o sistema hidráulico a partir das contas de água de fevereiro a setembro do ano de 2024, com a finalidade de analisar o mês mais crítico de sua utilização, como é apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 - Consumo de água do ano 2024

Mês	Consumo por faixa (m³)	Valor R\$
Fevereiro	215	2.443,26
Março	274	3.124,52
Abril	219	2.536,41
Maio	154	1.738,90
Junho	226	2.622,73
Julho	242	2.755,02
Agosto	473	5.422,35
Setembro	370	4.233,03
Consumo Médio	271,625	R\$ 2.815,03

Fonte: Baseado nas contas da COMPESA, 2024

Por meio das análises realizadas, constatou-se que, a partir do mês de agosto, o consumo de água na instituição apresentou um aumento significativo. Esse aumento está diretamente ligado às altas temperaturas desse período, que elevam a necessidade de uso de água para diversas atividades e influenciam o comportamento dos usuários, resultando em maior demanda pelo recurso. Além disso, problemas

técnicos na instalação ou manutenção também contribuem para esse crescimento no consumo.

- Demanda de água na instituição

Ao realizar a estimativa, foi considerada toda a população acadêmica da instituição, totalizando 778 alunos, 81 docentes + TAE e 15 terceirizados. O percentual homens na instituição foi estimado com base nos dados do IBGE (2022), que indicam que 48,5% da população de Pernambuco é masculina. A frequência de uso por pessoa foi determinada a partir do estudo de Silva (2016), considerando esse percentual para estimar a demanda por mictórios na instituição. Com essas informações, foi possível estimar a demanda total de água para os equipamentos, levando em conta o número de usuários, o tempo médio de uso e a frequência de utilização dos recursos hídricos, conforme demonstrado na Tabela 9. Esses dados permitiram projetar as demandas mensais e anuais de água nas instalações, o que possibilitou calcular o impacto no consumo ao longo do tempo, identificando assim oportunidades para otimizar o uso da água e adotar medidas de economia e sustentabilidade.

Tabela 9 - Demanda dos equipamentos hidrossanitários existentes

Demanda dos vasos sanitários existentes						
Categoria	População	Frequência por pessoa (uso/dia)	Vazão de utilização (l/uso)	Consumo total (m³/dia)	Consumo total (m³/mês)	Demanda total
ALUNOS	778	1,59	12	14,84	326,57	363,20
TAE + Docentes	81	1,45	12	1,41	31,01	
Terceirizados	15	1,42	12	0,26	5,62	
Demanda das Torneiras existentes						
Categoria	População	Frequência por pessoa (seg)	Vazão de utilização (l/s)	Consumo total (m³/dia)	Consumo total (m³/mês)	Demanda total
ALUNOS	778	25	0,03	0,584	12,837	14,92
TAE + Docentes	81	32,5	0,03	0,079	1,737	
Terceirizados	15	35,4	0,03	0,016	0,350	
Demanda dos mictórios						
Categoria	População	Frequência por pessoa (uso/dia)	Vazão de utilização (l/uso)	Consumo total (m³/dia)	Consumo total (m³/mês)	Demanda total
ALUNOS (M)	377,33	0,89	0,6	0,20	4,2	5,69
TAE + Docentes	39,28	2,44	0,6	0,057	1,24	
Terceirizados	7,27	2,60	0,6	0,011	0,25	
Estimativa da demanda (m³/mês)						383,81
Estimativa da demanda (m³/ano)						4.605,72

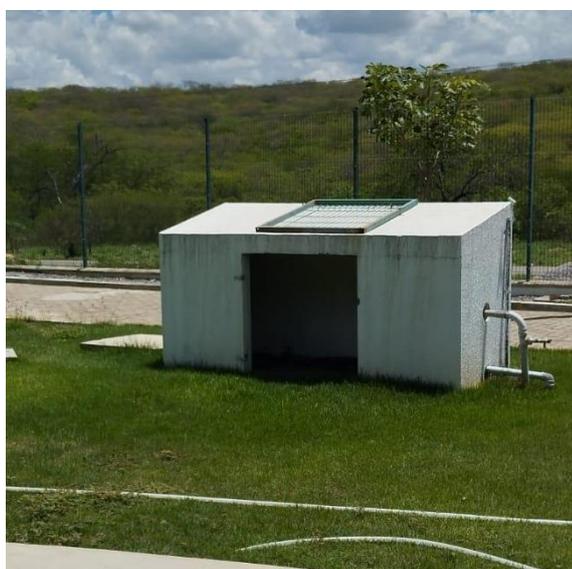
Fonte: Autora, 2024

- Sistema de abastecimento

O IFSertãoPE – Campus Serra Talhada, é abastecido por uma única rede de água e tem apenas um medidor para todo o prédio. Isso facilita o pagamento das contas e o monitoramento do consumo, além de ajudar na identificação de vazamentos, já que o sistema não é dividido em setores (Síndiconet, 2010).

O Campus também conta com um poço de 42 metros, conforme a Figura 13, com o objetivo principal de irrigar diariamente as árvores e o gramado da instituição. Porém, em situações de emergência, a água do poço também é utilizada para a limpeza geral. No entanto, a água apresenta baixa qualidade e um alto grau de insalubridade.

Figura 13 - Poço



Fonte: Autora, 2024

4.2 Contagem dos dispositivos

Foi realizado um levantamento detalhado de todos condicionadores de ar instalados. Além do quantitativo de vasos sanitários e torneiras. Os dados das especificações dos condicionadores de ar, como a capacidade em BTUs, tipo de descarga utilizada e se as torneiras possuíam ou não arejador. O quantitativo foi realizado de forma geral, com base na quantidade de horas de uso por dia útil, conforme os dados fornecidos pela instituição.

A Tabela 10 é fundamental para identificar o número de condicionadores de ar responsáveis pelo consumo de energia, permitindo uma análise detalhada da demanda energética.

Tabela 10 - Relação de condicionadores de ar

Tipo	Quantidade
Ar condicionado Split Piso / Teto 36000 BTUs	25
Ar condicionado Split 18000 BTUs	1
Ar condicionado Split 24000 BTUs	10
Ar condicionado Split Wall 24000 BTUs	1
Ar condicionado Split 9000 BTUs	4
Ar condicionado Split inverter 18000 BTUs	3
Ar condicionado Split Piso / Teto 24000 BTUs	3
Ar condicionado Split 48000 BTUs	2
Ar condicionado Split Piso / Teto 48000 BTUs	11
Ar condicionado Split 12000 BTUs	4
Ar condicionado Inverter Split 12000 BTUs	1
TOTAL	65

Fonte: Autora, 2024

A Tabela 11 apresenta a contabilização dos aparelhos hidrossanitários existentes na instituição, como torneiras, vasos sanitários e mictórios. Essa tabela é fundamental para identificar o número de dispositivos responsáveis pelo consumo de água, permitindo uma análise detalhada da demanda hídrica.

Tabela 11 - Relação de aparelhos hidrossanitário

Aparelho	Quantidade
Bacia sanitária	28
Mictórios	7
Torneiras	31
TOTAL	66

Fonte: Autora, 2024

4.3 Avaliação técnica e periódica

A avaliação foi realizada por meio de inspeção visual, com o objetivo de identificar, possíveis vazamentos, verificar a funcionalidade dos equipamentos e analisar os tipos de dispositivos já instalados, como é representado nas Figuras 14a, 14b e 14c.

Figura 14 - Bacia sanitária (a), válvula de descarga (b) e mictório (c)



Fonte: Autora, 2024

Nas instalações hidráulicas, foi observada a necessidade de substituir os arejadores de algumas torneiras, que já não atendem mais às especificações originais de funcionamento, conforme ilustrado na Figura 15, sendo possível observa-se que a torneira não está funcionando corretamente com o uso do arejador, sendo recomendada uma manutenção para substituição do componente. Também foi identificado que três sanitários da instituição estavam interditados por motivos desconhecidos.

Figura 15 - Torneira necessitando de manutenção



Fonte: Autora, 2024.

Em relação às instalações elétricas, foram realizadas pesquisas sobre os equipamentos utilizados, a fim de calcular seu consumo médio, nas Figuras 16a e 16b é possível averiguar suas disposições.

Figura 16 - Ar condicionado split (a) Lâmpada tubular (b)



Fonte: Autora, 2024.

Além disso, com o intuito de prever a economia, foi realizado um cenário comparativo que envolveu a substituição dos aparelhos hidrossanitários convencionais por modelos economizadores de água.

Os insumos foram orçados com base na tabela de preços do SINAPI (Sistema de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), utilizando a data-base de agosto de 2024. No entanto, o Arejador Metal Para Torneira Pressmatic Compact Docol Blukit não consta na tabela do SINAPI, sendo seu valor obtido por meio de pesquisa de mercado, com o menor preço encontrado de R\$ 75,43. Da mesma forma, a Bacia VDR com válvula de duplo acionamento (caixa acoplada), que também não está presente na tabela do SINAPI, teve seu preço definido a partir de pesquisa no mercado local, com o menor valor encontrado de R\$ 807,40. O resumo dos resultados obtidos a partir desses orçamentos e pesquisas de mercado está apresentado nas Tabelas 12, 13 e 14, que detalham os custos dos insumos e os valores relativos aos itens analisados.

Tabela 12 - Detalhamento de custo unitário - Arejador Metal Para Torneira Pressmatic Compact Docol Blukit

Código SINAPI	Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário	Preço total
-	Arejador Metal Para Torneira Pressmatic Compact Docol Blukit	und	1	75,43	75,43
93994	Fita de vedação de 18mm x 25mm	m	0,94	4,39	4,13
84464	Auxiliar de encanador	h	1,4	9,66	13,52
84463	Encanador	h	1,4	12,86	18
Total R\$					111,08

Fonte: Autora, 2024

Tabela 13 - Detalhamento de custo unitário - Bacia VDR com válvula de duplo acionamento (caixa acoplada)

Código SINAPI	Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário	Preço geral
-	Bacia VDR com válvula de duplo acionamento (caixa acoplada)	und	1	807,40	807,40
246	Ajudante de encanador	h	1	15	15
2696	Encanador	h	1	25	25
Total R\$					847,40

Fonte: Autora, 2024

Tabela 14 - Planilha Orçamentária

	Especificação	Unidade	Quantidade	Unit (R\$)	Total (R\$)
Comp 1	Arejador Metal Para Torneira Pressmatic Compact Docol Blukit	und	3	111,08	333,24
Comp 2	Bacia VDR com válvula de duplo acionamento (caixa acoplada)	und	28	847,4	23.727,2
Orçamento total (R\$):					24.060,44

Fonte: Autora, 2024

- Substituição da carga instalada

A partir do levantamento da carga instalada no IFSERTÃOPE - Campus Serra Talhada, foi realizada uma análise detalhada dos dados coletados, com o objetivo de avaliar a eficiência energética de todos os equipamentos presentes na instituição. Com base nessa análise, foi identificada a possibilidade de melhorar a eficiência energética, sugerindo a substituição dos modelos de condicionadores de ar tipo split por versões mais modernas com tecnologia inverter, que são mais eficientes no consumo de energia.

A pesquisa de mercado teve como objetivo identificar os menores preços para a aquisição de equipamentos mais eficientes, permitindo avaliar o investimento necessário para as melhorias no campus. A Tabela 15 apresenta detalhes sobre os preços encontrados no mercado local. Além disso, a análise comparativa entre diferentes fornecedores garantiu a otimização do custo-benefício. Vale destacar que os valores obtidos se referem apenas aos equipamentos, sem incluir os custos de implantação, BDI e administração local.

Essa análise é crucial para a tomada de decisão, pois permite compreender não apenas o custo imediato da substituição, mas também os benefícios a longo prazo, como a redução de custos operacionais e a contribuição para a sustentabilidade do campus.

Tabela 15 - Precificação dos equipamentos

TIPO	PREÇO R\$	QT.	FINAL
Ar condicionado split piso teto inverter 36000 btus	8.099,11	25	202.477,75
Ar condicionado inverter 18.000 btu	3.289,00	1	3.289,00
Ar condicionado split hi wall inverter 24000 btu/h	3.816,44	1	3.816,44
Ar condicionado split inverter 24.000 btu	4.800,00	11	52.800,00
Ar condicionado split inverter 9000 btus	1.799,10	4	7.196,40
Ar condicionado inverter 18.000 btu	3.289,00	3	9.867,00
Ar condicionado split piso teto 24.000 btu/h	4.519,68	3	13.559,04
Ar condicionado split inverter 48.000 btu	9.931,47	1	9.931,47
Ar condicionado split piso / teto 48000 btus	11.534,32	11	126.877,52
Ar condicionado inverter 12.000 btu	2.700,00	4	10.800
	Total		R\$ 440.614,62

Fonte: Autora, 2024

Com base nessa análise, foi possível recomendar a substituição dos equipamentos por opções mais eficientes, sugerindo a troca dos aparelhos de ar-condicionado do tipo split instalados no campus por modelos equivalentes com tecnologia inverter. Segundo Hildebrand (2019) e fabricantes como LG e Samsung, a tecnologia inverter representa uma alternativa mais eficiente para a climatização, proporcionando uma redução no consumo de energia entre 40% e 70% em comparação aos modelos tradicionais. Além disso, Vargas (2015) destaca que essa tecnologia oferece benefícios adicionais, como menor pico de energia, manutenção mais estável da temperatura no ambiente e redução do nível de ruído, tornando os espaços mais confortáveis. Esses fatores não apenas melhoram o desempenho dos equipamentos, mas também contribuem para a sustentabilidade e a redução dos custos operacionais. Com base nesses estudos, este trabalho adota uma estimativa conservadora de 40% de economia no consumo energético ao substituir os condicionadores de ar convencionais por modelos inverter, demonstrando a viabilidade dessa mudança tanto do ponto de vista ambiental quanto financeiro.

Também foi analisado o consumo de água em dois cenários: um utilizando aparelhos convencionais (Tabela 9) e outro com aparelhos economizadores de água (Tabela 16). O objetivo foi estimar a economia gerada por cada tipo de equipamento na edificação, considerando que o consumo pode variar ao longo do tempo.

Tabela 16 - Demanda dos equipamentos hidrossanitários substituídos

Demanda dos vasos sanitários						
Categoria	População	Frequência por pessoa (uso/dia)	Vazão de utilização (l/uso)	Consumo total (m³/dia)	Consumo total (m³/mês)	Demanda total
Alunos	778	1,59	6	7,42	163,29	181,60
TAE + Docentes	81	1,45	6	0,70	15,50	
Terceirizados	15	1,42	6	0,13	2,81	
Demanda das Torneiras						
Categoria	População	Frequência por pessoa (seg)	Vazão de utilização (l/s)	Consumo total (m³/dia)	Consumo total (m³/mês)	Demanda total
Alunos	778	25,00	0,03	0,584	12,837	14,92
TAE + Docentes	81	32,50	0,03	0,079	1,737	
Terceirizados	15	35,40	0,03	0,016	0,350	
Demanda dos mictórios						
Categoria (M)	População	Frequência por pessoa (uso/dia)	Vazão de utilização (l/uso)	Consumo total (m³/dia)	Consumo total (m³/mês)	Demanda total
Alunos	377,33	0,89	0,6	0,20	4,43	5,95
TAE + Docentes	39,28	2,44	0,6	0,057	1,27	
Terceirizados	7,27	2,6	0,6	0,011	0,25	
Estimativa da demanda (m³/mês)						202,39
Estimativa da demanda (m³/ano)						2.428,63

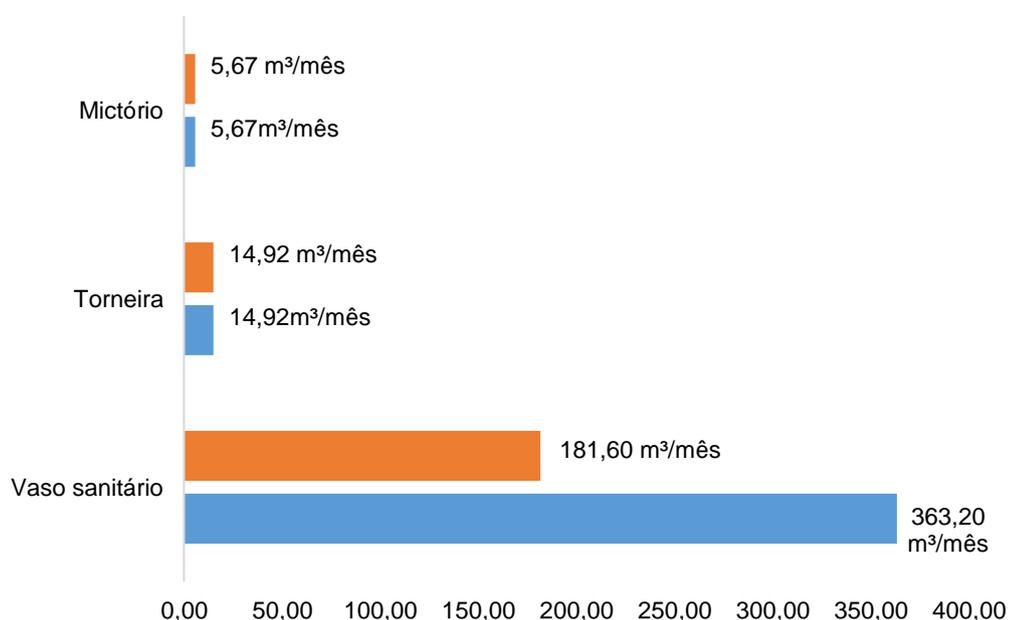
Fonte: Autora, 2024

4.4 Análise comparativa e monitoramento de mudanças

Com base nas análises realizadas, foi possível identificar diversas medidas de melhoria e avaliar o desempenho do sistema energético da instituição, considerando as mudanças propostas e seu impacto nos custos. Para realizar uma comparação entre o consumo estimado de energia antes e após a implementação das substituições, foi adotada uma redução de 40% no consumo energético, conforme descrito na literatura sobre tecnologias de climatização eficientes, como a tecnologia inverter. Com essa abordagem, o consumo fora de ponta e o consumo de ponta estimado antes das substituições foram de 13812,87 kWh e 1053,66 kWh, respectivamente, e após a substituição dos aparelhos condicionadores de ar o consumo fora de ponta prevê-se uma redução de 5.525,19 kWh e 421,46 kWh durante o horário de ponta. Essa estimativa oferece uma visão clara do impacto das modificações no sistema, ajudando a evidenciar o potencial de economia de energia e, conseqüentemente, a redução dos custos com eletricidade.

Na parte hidráulica, após a substituição dos equipamentos convencionais por dispositivos economizadores de água, foi possível observar uma redução estimada de 52,73% na demanda. Especificamente, com a adoção de vasos sanitários com acionamento dual flush e vazão de 6 litros por uso, obteve-se uma economia de aproximadamente 50%. No caso dos mictórios e das torneiras, verificou-se que ambos já estavam equipados com dispositivos que promovem a economia de água, como válvulas de descarga com acionamento por pressão e fechamento automático, além de arejadores nas torneiras. Após análise, concluiu-se que esses equipamentos estão em boas condições de funcionamento e que apenas requerem manutenção periódica para assegurar sua eficiência. Por esse motivo, não foi possível incluir esses itens na estimativa de redução de consumo, no geral obtendo-se uma redução de 50% após a substituição dos vasos sanitários, conforme é observado no Figura 17.

Figura 17 - Comparação de consumo de água



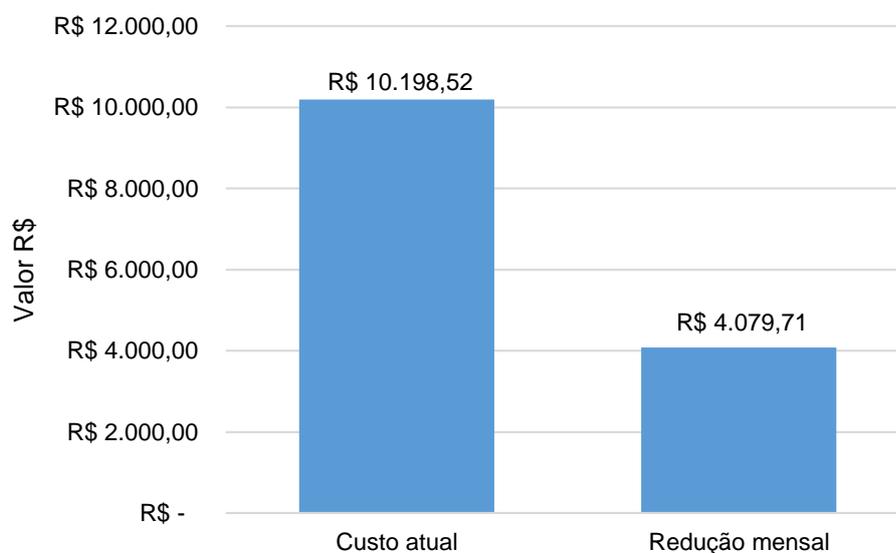
Fonte: Autora, 2024

4.5 Análise de viabilidade econômica para implantação

Foi aplicado o fator de redução de 40%, obtido a partir da análise de Hildebrand (2019). Assim, sob a perspectiva de redução de custos, estimou-se que, o custo sairia de R\$ 10.198,52 para R\$ 6.119,11, caso a substituição tivesse sido realizada, haveria uma redução no valor da conta de energia do campus de R\$ 4.079,41 mensais, tendo como base o mês de maior consumo. A Figura 18 ilustra a diminuição mensal na fatura

de energia.

Figura 18 - Estimativa de economia na conta de energia elétrica



Fonte: Autora, 2024

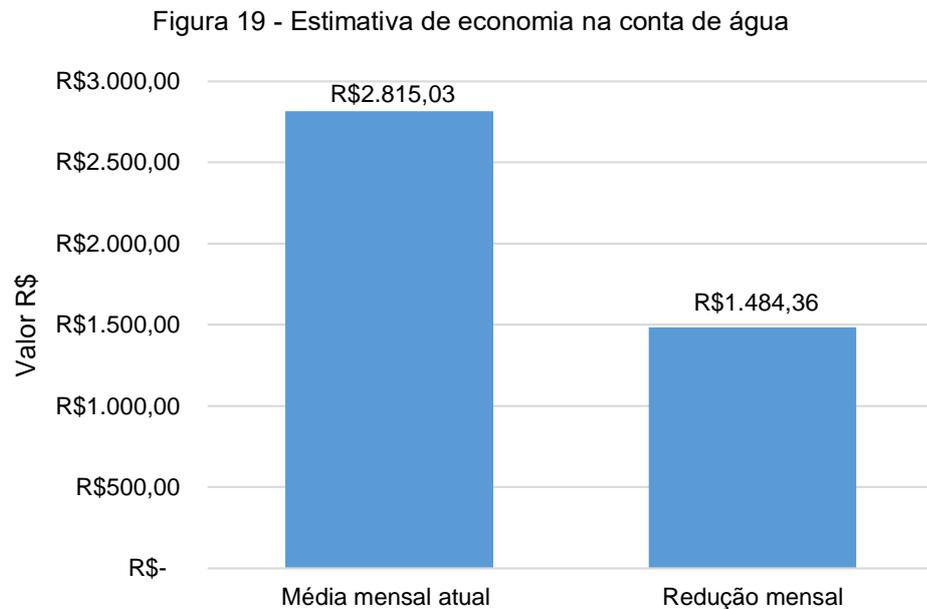
Com base nessa redução, estimou-se uma economia anual de R\$ 48.956,52. Considerando o investimento inicial necessário para a aquisição e instalação dos novos equipamentos, que totaliza R\$ 440.614,62, o retorno do valor investido pode ser obtido através da equação a seguir:

$$\text{Retorno do investimento} = \frac{\text{Investimento Inicial}}{\text{Economia Anual}}$$

Dessa forma, estima-se que o retorno do investimento ocorra em aproximadamente 9 anos, evidenciando a viabilidade econômica da proposta quando analisada em uma perspectiva de longo prazo. Esse resultado torna-se ainda mais relevante ao se considerar a expressiva redução no consumo de energia elétrica proporcionada pela medida, o que contribui diretamente para a eficiência energética da instituição. Além disso, os dados obtidos estão em consonância com os achados da pesquisa de Oliveira (2020), que também aponta benefícios significativos na adoção de estratégias voltadas à otimização do uso de recursos energéticos.

Com base na análise das faturas de água do instituto entre fevereiro e setembro de 2024, verificou-se que o gasto médio mensal foi de R\$ 2.815,03. Considerando o fator de redução de 52,73%, com base nas estimativas de demanda e obtido a partir da proposta de substituição dos utensílios hidrossanitários, estimou-se que, caso a substituição tivesse sido implementada, haveria uma redução de aproximadamente

R\$ 1.484,36 no valor mensal da conta de água do campus. A Figura 19 demonstra a redução mensal na fatura de água.



Fonte: Autora, 2024

Essa redução representa uma significativa economia no consumo hídrico, alinhada à proposta de otimização de recursos. A redução anual estimada de R\$ 17.812,32 na conta de água é resultado da implementação de equipamentos mais eficientes, que substituem a carga instalada atual. Com um investimento inicial de R\$ 24.060,44, que corresponde ao custo total dos equipamentos para a troca, é possível prever que o valor investido será recuperado aproximadamente 1 ano e 4 meses, com base na economia gerada. Essa rápida recuperação do investimento evidencia a eficiência e a viabilidade do sistema implementado. Além disso, a economia contínua ao longo dos anos representa um impacto financeiro positivo significativo, liberando recursos que podem ser redirecionados para outras áreas prioritárias da instituição. Esse resultado reforça a importância de adotar soluções tecnológicas eficientes que combinem sustentabilidade com redução de custos operacionais.

5. CONCLUSÃO

A análise realizada destaca a importância da substituição de equipamentos convencionais por modelos mais eficientes, tanto no sistema elétrico quanto no hidráulico da instituição. Essas melhorias resultam em uma significativa redução de custos operacionais e contribuem para o uso sustentável dos recursos.

No setor elétrico, a adoção de equipamentos mais eficientes pode reduzir o consumo mensal de energia em até 40%, o que equivale a 5.525,19 kWh fora do horário de ponta e 421,46 kWh no horário de ponta. Essa economia representa uma redução mensal aproximada de R\$ 4.079,71 e anual de R\$ 48.956,52 nos custos com energia. Embora o investimento inicial seja de R\$ 440.614,62, a análise financeira indica a viabilidade da substituição, com um tempo de retorno estimado em 9 anos.

Vale salientar que essas estimativas foram feitas com base nos meses de maior consumo, considerando que nem todos os anos há ocorrência de greves que impactem esse padrão.

Já no sistema hidráulico, a substituição de equipamentos sanitários por modelos economizadores, como vasos sanitários de acionamento dual, pode reduzir o consumo de água em 52,73%. Essa economia resulta em uma redução anual de R\$ 17.812,32 na conta de água, com um investimento inicial de R\$ 24.060,44 e um tempo de retorno estimado em 1 ano e 4 meses, evidenciando um excelente custo-benefício.

Além das melhorias técnicas, a efetividade dessas medidas também depende de mudanças comportamentais por parte dos usuários. Como muitos não percebem o impacto financeiro do desperdício, devido à ausência de um envolvimento direto com o pagamento das contas, é essencial implementar ações educativas. A conscientização sobre o uso racional de energia e água, aliada a práticas de conservação, contribui para a adoção de hábitos mais sustentáveis, reforçando a importância dessas iniciativas para a eficiência econômica e ambiental da instituição.

Dessa forma, a combinação entre investimentos em eficiência energética e hídrica e a promoção de uma cultura de consumo consciente torna-se fundamental para a sustentabilidade e a gestão otimizada dos recursos, servindo como exemplo para outras organizações públicas e privadas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. G.; PEREIRA, L. F. M. O papel da distribuição e da gestão dos recursos hídricos no ordenamento territorial brasileiro. In: **ALMEIDA, F. G.; SOARES, M. L. A. A.** (Org.). *Rio de Janeiro*: Bertrand Brasil, 2009. p. 85–113.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). *Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: Informações para a Gestão de Recursos Hídricos*. Brasília: ANA, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br>. Acesso em: 17 dez. 2024.

ANDRADE SILVA, F. I.; GUERRA, S. M. G. Analysis of the energy intensity evolution in the Brazilian industrial sector—1995 to 2005. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 13, n. 9, p. 2589–2596, dez. 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032109001246>. Acesso em: 03 mar. 2024.

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). Eficiência energética. Disponível em: <https://antigo.aneel.gov.br/web/guest/tomadas-de-subsidios>. Acesso em: 02 mar. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NBR 15097:2010 - Bacias sanitárias e sistemas de descarga - Requisitos e métodos de ensaio*. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NBR 15941:2019 - Bacias sanitárias - Determinação do desempenho de bacias sanitárias em relação ao consumo de água e eficiência*. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

BRASIL. Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9478.htm. Acesso em: 06 mar. 2024.

BRIEF, Carbon. Análise: Quais países são historicamente responsáveis pelas mudanças climáticas? Disponível em: <https://www.carbonbrief.org/analysis-which-countries-are-historically-responsible-for-climate-change/>. Acesso em: 07 mar. 2024.

BLUKIT. Desenvolvido pela BLUKIT. Disponível em: <https://www.blukit.com.br/>. Acesso em: 25 dez. 2024.

CAMPOS, A. F.; MORAES, N. G. *Tópicos em energia: teoria e exercícios com respostas para concursos*. Rio de Janeiro: Synergia, 2012.

CASTRO, C. N. Gestão das águas: experiências internacional e brasileira. *Texto para Discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)*, 2012.

CHIPAKO, T. L.; RANDALL, D. G. Urinals for water savings and nutrient recovery: a feasibility study. *Water SA*, v. 45, n. 2, p. 266–277, 2019.

COOPER, D. C.; SEHLKE, G. Sustainability and energy development: influences of greenhouse gas emission reduction options on water use in energy production. *Environmental Science & Technology*, Eastons, v. 46, n. 6, p. 3509–3518, 2012. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es201901p>. Acesso em: 05 mar. 2024.

CAMPOS, Adriana Fiorotti. Gestão dos recursos energéticos para o desenvolvimento de uma matriz mais renovável no Estado do Espírito Santo. *Millenium – Journal of Education, Technologies, and Health*, 2016. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/millenium/article/view/31404/23238>. Acesso em: 07 mar. 2024.

DAVANZ. Ar-condicionado. Disponível em: <https://arcondicionado.davanzoar.com.br/split-inverter/>. Acesso em: 28 nov. 2024.

DA SILVA, Ana Maria Ribeiro Bastos; DE MELO, Rafael Roney Câmara; QUEIROZ, José Francielson. Qualidade da água da Barragem Jazigo, no município de Serra Talhada, Semiárido de Pernambuco-Brasil, 2017. Acesso em: 19 nov. 2024.

DAIKIN Middle East and Africa FZE. ProInverter Leaflet Final: Inverter Technology – True innovation in climate control. Daikin, 2018. Disponível em: <file:///C:/Users/Viviane/Downloads/ProInverter%20Leaflet%20Final.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2024.

DE MOURA MORAES, Northon Ricardo; DE ANDRADE, José Antônio Bento. A tecnologia inverter na economia e qualidade de vida nos centros urbanos. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 9, n. 1, p. 365-371, 2023.

DECA. Kit mictório com sifão integrado branco com válvula de fechamento automático cromado. 2024. Disponível em: <https://www.deca.com.br>. Acesso em: 08 dez. 2024.

DEMANBORO, A. C. et al. Avaliação do consumo de água em torneiras em ambiente universitário. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 15, n. 3, p. 135-143, jul./set. 2015.

EB Ar-condicionado. Ar condicionado Split Inverter: O que é, Modelos e Preços. 2020. Disponível em: <https://www.webarcondicionado.com.br/o-que-e-split-inverter>. Acesso em: 12 nov. 2024.

ENGENHARIA 360. Torres substituem hotéis em Balneário Camboriú. Disponível em: <https://engenharia360.com/torres-substituem-hoteis-balneario-camboriu/>. Acesso em: 17 out. 2024.

EPE (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA). Balanço Energético Nacional - ano base 2022. EPE, Brasil, 2022. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-748/topico681/BEN_S%C3%ADntese_2023_PT.pdf. Acesso em: 02 mar. 2024.

EPE (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA). Balanço Energético Nacional 2024: ano base 2023. Rio de Janeiro: EPE, 2024. Disponível em:

<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2024>. Acesso em: 25 jan. 2025.

Giacomini, G. (2020) Ar-Condicionado Split Inverter: O que é, Modelos e Preços. <https://www.webarcondicionado.com.br/o-que-e-split-inverter>. Acesso em: 26 out. 2024.

HILDEBRAND, Yuri. Ar-condicionado inverter: saiba o que é e como funciona essa tecnologia. 2019. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/noticias/2019/11/arcondicionado-inverter-saiba-o-que-e-e-como-funciona-a-tecnologia.ghtml>. Acesso em: 08 jan. 2025.

HO, H. C.; KNUDBY, A.; XU, Y.; HODUL, M.; AMINIPOURI, M. A comparison of urban heat islands mapped using skin temperature, air temperature, and apparent temperature (Humidex), for the greater Vancouver area. *Science of the Total Environment*, v. 544, p. 929-938, 2016. Acesso em: 06 mar. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Quantidade de homens e mulheres. *Educa IBGE*, 2025. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18320-quantidade-de-homens-e-mulheres.html>. Acesso em: 26 jan. 2025.

INMETRO. Inmetro acredita primeiro organismo brasileiro para inspeção em eficiência energética de edificações. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/centrais-de-conteudo/noticias/inmetro-acredita-primeiro-organismo-brasileiro-para-inspecao-em-eficiencia-energetica-de-edificacoes>. Acesso em: 26 jan. 2025.

ILHA, M. S. de O.; GONÇALVES, O. M.; OLIVEIRA JÚNIOR, O. B. de. Avaliação do desempenho de bacias sanitárias de volume de descarga reduzido quanto à remoção e transporte de sólidos. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 2, n. 4, p. 47-61, out./dez. 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Área territorial brasileira 2022*. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. World Energy Outlook 2012: Executive summary. France: OECD/IEA, 2012.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. World Energy Outlook 2023. Disponível em: <https://www.iea.org/countries/brazil>. Acesso em: 26 mar. 2024.

INSTITUTO FEDERAL DO SERTÃO PERNAMBUCANO – IF Sertão-PE. Sobre o Campus. *IF Sertão-PE*, 2024. Disponível em: <https://ifsertaope.edu.br/serra/institucional/sobre-o-campus/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

KAMINAGAKURA, Cassio. Avaliação dos principais fatores intervenientes no consumo de água em unidades de alimentação e nutrição como subsídio para o seu uso racional. 2005. 81 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e

Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Departamento de Construção Civil, Londrina, 2005.

KRUGER, C.; RAMOS, L. F. Iluminação pública e efficientização energética. *Revista Espaço Acadêmico*, n. 185, p. 37-49, 2016. Disponível em: <http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/EspacoAcademico/article/view/31530>. Acesso em: 10 nov. 2019.

LOMBARDI, Lucas Ruiz. Dispositivos poupadores de água em um sistema predial: análise da viabilidade técnico-econômica de implementação no Instituto de Pesquisas Hidráulicas. 2012.

MARINHO, E. C. A. Uso racional da água em edificações públicas. 2007. 72 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

MARTINS, Márcia Viana Lisboa. Proposta de metodologia para análise de eficiência hidro-energética e ambiental: estudo de caso da agroindústria. Guaratinguetá, 2012. 138 f.

MATTAR, F. N. Pesquisa de marketing. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MEDEIROS, D. L.; KIPERSTOK, A. C.; NASCIMENTO, F. R. A.; COHIM, E. H. B.; KIPERSTOK, A. Human urine management in resource-based sanitation: water-energy-nutrient nexus, energy demand and economic performance. *Sustainable Production and Consumption*, v. 26, p. 988–998, 2021.

METZ, B. et al. (Eds.). Climate change 2007: mitigation of climate change. New York: Cambridge University Press, 2007. Disponível em: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/contents.html. Acesso em: 25 mar. 2024.

NATURESA, J. S. Eficiência energética, política industrial e inovação tecnológica. 2011. 199 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011. Acesso em: 18 dez. 2024.

NETO, André Elia et al. Conservação e reúso de água: manual de orientações para o setor agroindustrial sucroenergético. Agência Nacional de Águas; Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; União da Indústria da Cana-de-Açúcar; Centro de Tecnologia Canavieira. Brasília: ANA, 2009.

NEOENERGIA PERNAMBUCO. Conheça sua fatura. Disponível em: <https://clientescorporativos.neoenergiapernambuco.com.br/informacoes/Paginas/conheca-sua-fatura.aspx>. Acesso em: 1 fev. 2025.

NR 24 - Condições sanitárias e de conforto nos locais de trabalho. Portaria nº 1.066, de 23 de setembro de 2019.

OECD. Fostering water resilience in Brazil: turning strategy into action. OECD Studies on Water, OECD Publishing, Paris, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/85a99a7c-en>. Acesso em: 25 mar. 2024.

OKAMURA, Edgar Koji. Economia de água em bacias sanitárias. *Revista Ciências do Ambiente On-Line*, v. 2, n. 1, p. 1-9, fev. 2006. Disponível em: <https://sistemas.ib.unicamp.br/be310/nova/index.php/be310/article/view/26/14>. Acesso em: 17 fev. 2024.

OLIVEIRA, L. H. de. As bacias sanitárias e as perdas de água nos edifícios. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 2, n. 4, p. 39-45, out./dez. 2002.

OLIVEIRA, Dayane Cynthia Pinto; DA SILVA OLIVEIRA, Maria Victória; FREITAS, Antônio Alisson Alencar. Proposta para eficiência energética do campus UFERSA Caraúbas através da substituição de dispositivos e geração de energia de usina solar fotovoltaica. In: Congresso Brasileiro de Energia Solar – CBENS, 2020.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. *OECD Environmental Outlook to 2050: the consequences of inaction*. Paris: OECD Publishing, 2012. 349 p.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD; FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. *OECD-FAO Agricultural Outlook 2015*. Paris: OECD Publishing, 2015. 148 p.

PEIXOTO, R. A.; PAIVA, M. A.; MELERO, V. Teste de campo comparativo de duas unidades de ar-condicionado tipo split – monitoração do consumo de energia e parâmetros do ambiente climatizado. *XVI Conbrava*, São Paulo.

PNCDA – PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA. *DTA F2: Produtos economizadores nos sistemas prediais*. Brasília, 2003.

PEREIRA, P. C. et al. 2015. Morfogênese da palma forrageira irrigada por gotejamento. *Revista Caatinga*, v. 28, n. 3, p. 184-195.

PROCEL. *EPP: Eficiência Energética nos Prédios Públicos*. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMID5C0D828A5E894B4AA0280C96CCED1760PTBRIE.htm>. Acesso em: 03 mar. 2024.

PROJINOX. *Mictório coletivo de aço inox: economia e praticidade*. Disponível em: <https://blog.projinoxindustria.com.br/mictorio-inox-coletivo-economia-e-praticidade>. Acesso em: 24 jan. 2025.

PROENÇA, L. C.; GHISI, E. Water end-uses in Brazilian office buildings. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 54, n. 8, p. 489-500, jun. 2010.

RANGEL, M. S. Análise do consumo e qualidade de energia em condicionadores de ar convencional e inverter. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Itumbiara. Disponível em: <https://repositorio.ifg.edu.br/handle/prefix/630>.

ROAF, S.; CRICHTON, D.; FERGUS, N. *A adaptação de edificações e cidades às mudanças climáticas: um guia de sobrevivência para o século XXI*. Tradução de A. Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2009. 384 p.

ROMANO DE MORAES ARAÚJO, Gabriela et al. Avaliação da eficiência energética e proposta de soluções sustentáveis para o bloco E do Instituto Federal Fluminense Campus Campos Guarus. *Vértices (Campos dos Goytacazes)*, v. 20, n. 1, p. 135–153, 2018. Disponível em: <inserir link>. Acesso em: 29 fev. 2024.

SANTOS, Talía Simões dos et al. Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 20, p. 595-602, 2015. Acesso em: 13 nov. 2024.

SANTOS, Ramon Antônio dos. Análise da eficiência energética e viabilidade econômica de um condicionador de ar Split inverter. 2021. Disponível em: <https://www.divinopolis.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/8/2021/09/Ramon.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2024.

SABESP. Companhia de Saneamento Básico. *Manual de gerenciamento para controladores de consumo de água*. São Paulo, 2009.

SAUTCHÜK, C. A. et al. *Conservação e reúso de água: manual de orientações para o setor industrial*. São Paulo: Fiesp/Ciesp, 2005. v. 1, 92 p. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/publicacoes/pdf/ambiente/reuso.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2024.

SEEG – Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa. *Relatório Analítico SEEG 12: emissões de gases de efeito estufa no Brasil*. São Paulo: SEEG, 2024. Disponível em: <https://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2024/11/SEEG-RELATORIO-ANALITICO-12.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2024.

SÍNDICONET. *Benefícios da individualização de hidrômetros*. Disponível em: <https://www.sindiconet.com.br/informese/beneficios-da-individualizacao-de-hidrometros-gestao-ambiental-individualizacao-de-hidrometros>. Acesso em: 24 jan. 2025.

SILVA, Ennio Peres et al. Recursos energéticos, meio ambiente e desenvolvimento. 2003. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/35579676/2003_SILVA_BOM_-_Recursos_energeticos__meio_ambiente_e_desenvolvimeNTO-libre.PDF. Acesso em: 07 mar. 2024.

SILVA, B. B. et al. 2010. Desempenho de modelo climático aplicado à precipitação pluvial do Estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, n. 4, p. 387-395.

SILVA, T. G. F. et al. 2015. Soil water dynamics and evapotranspiration of forage cactus clones under rainfed conditions. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 50, n. 7, p. 515-525.

SILVA, João Carlos da. O impacto da burocracia no acesso aos serviços públicos pelos cidadãos. 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/35433/1/Implica%C3%A7%C3%B5esPrinc%C3%ADpioLegalidade.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2024.

SIMPLIFICANDO A ENGENHARIA. *Instalações hidrossanitárias – ramal externo de abastecimento.* Disponível em: <https://simplificandoaengenharia.blogspot.com/2016/11/instalacoes-hidrossanitarias-ramal.html>. Acesso em: 01 dez. 2024.

SISTEMA FIRJAN. Manual de Conservação e Reúso de Água na Indústria. Rio de Janeiro: DIM, 2007. Acesso em: 07 dez. 2024.

SOARES, Gerson de Oliveira. Avaliação da redução do consumo d'água pelo emprego de arejadores. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

TALPUR, B. D.; ULLAH, A.; AHMED, S. Water consumption pattern and conservation measures in academic building: a case study of Jamshoro Pakistan. *Springer Nature Journal*, v. 2, n. 1781, p. 01-11, 2020. DOI: <http://doi.org/10.1007/s42452-020-03588-Z>.

TAGLIANI, Simone. Vamos economizar água? Conheça os diferentes tipos de descargas utilizadas em bacias sanitárias. *Engenharia 360*, 09 mar. 2022. Disponível em: Conheça os diferentes tipos de descargas utilizadas em bacias sanitárias. Acesso em: 15 de dez. 2024.

VARGAS, M. C. Eficiência energética em edificações residenciais: iluminação e refrigeração. In: ENCONTRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), 35., 2015, Fortaleza. *Perspectivas globais para a engenharia de produção.* Anais [...]. Fortaleza: ENEGEP, 2015.

VIANA, et al. Eficiência Energética: fundamentos e aplicações. Campinas, 2012. Disponível em: https://www.voltimum.com.br/sites/www.voltimum.com.br/files/pdflibrary/01_livro_eficiencia_energetica.pdf. Acesso em: 25 nov. 2024.

WEA. *Eficiência energética: uma receita para o sucesso.* Londres, 2010. Disponível em: https://www.worldenergy.org/assets/downloads/PUB_Eficiencia_Energetica_Una_receta_para_el_exitoy_2010_WEC.pdf.

WORLD BANK. *World development report 2016: digital dividends overview.* Washington: World Bank Group, 2016. 359 p.

WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME – WWAP. *The United Nations World Water Development Report 2014: water and energy.* Paris: UNESCO, 2014. 230 p.