

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE ENERGIA

Gestão Energética de Sistemas de Saneamento Diante do
Novo Marco Legal

Renato Swerts Carneiro Dias Junior

Itajubá, agosto de 2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA DE ENERGIA

Renato Swerts Carneiro Dias Junior

Gestão Energética de Sistemas de Saneamento
diante do Novo Marco Legal

Dissertação submetida ao Programa de Pós-
graduação em Engenharia de Energia como parte dos
requisitos para obtenção do Título de Mestre em
Ciências em Engenharia de Energia

Área de Concentração: Planejamento e Gestão de
Sistemas Energéticos

Orientador: Prof. Dr. Jamil Haddad

Coorientador: Prof. Dr. Roberto Akira Yamachita

Agosto de 2025

Itajubá - MG

Dedico este trabalho à minha família: minha esposa Renata e meus filhos Aurora, Rosa e Raul, a minha mãe Evelise e à memória de meu pai Renato

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, à minha esposa, Renata, por todo o amor, apoio incondicional, paciência e conforto nos momentos de dificuldade. Sua força e compreensão foram fundamentais para a conclusão desta importante etapa.

Aos meus orientadores, Professor Dr. Jamil Haddad e Professor Dr. Roberto Akira, expresso minha profunda gratidão pela orientação, pelo conhecimento compartilhado e pela confiança depositada em meu trabalho.

Ao Professor Dr. Augusto Viana, meu sincero reconhecimento. Agradeço a oportunidade de, desde 2008, mergulhar no tema da eficiência energética no setor de saneamento. A parceria estabelecida em inúmeros estudos e serviços prestados pelo Brasil e sua mentoria foram determinantes para minha trajetória profissional e para a concepção deste estudo.

À Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), berço de minha formação técnica, e a todo o seu corpo docente, meu muito obrigado. Em especial, agradeço à toda a equipe do Centro de Excelência em Eficiência Energética (EXCEN), Professor Dr. Edson Bortoni e Professor Dr. Luiz Augusto Horta Nogueira pelo conhecimento compartilhado e pela valiosa oportunidade de colaborar em relevantes estudos e projetos de eficiência energética e geração de energia, que foram cruciais para meu desenvolvimento.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para esta jornada, meu muito obrigado.

RESUMO

O Novo Marco Legal do Saneamento Básico no Brasil (Lei nº 14.026/2020) representa uma oportunidade estratégica para o aprimoramento da eficiência energética no setor, ao exigir dos prestadores de serviço metas e ações voltadas à melhoria progressiva do uso racional de energia. Considerando que os sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário são intensivos em consumo energético, a adoção de práticas estruturadas de gestão de energia torna-se essencial. Nesse contexto, esta dissertação analisa os desafios e oportunidades para a implementação de sistemas de gestão energética no setor de saneamento, tomando como referência a norma ABNT NBR ISO 50001:2018. O estudo apresenta um panorama do setor, abordando governança, consumo energético e impactos da legislação vigente. Além disso, realiza uma análise crítica dos requisitos da ISO 50001 no contexto do saneamento, considerando aspectos como usos mais significativos de energia, indicadores de desempenho, linha de base energética e oportunidades de otimização. A dissertação também discute desafios regulatórios, modelos de negócio e políticas públicas que influenciam a adoção da gestão energética no setor. Ao fornecer um arcabouço metodológico e estratégico para a implementação de sistemas de gestão de energia, este trabalho contribui para que empresas de saneamento aprimorem sua eficiência energética, reduzam custos operacionais e avancem na busca por sustentabilidade e universalização dos serviços.

Palavras-chave: Gestão de energia, Eficiência energética, Saneamento, Abastecimento de água, Esgotamento sanitário.

ABSTRACT

The New Legal Framework for Basic Sanitation in Brazil (Law No. 14.026/2020) represents a strategic opportunity to enhance energy efficiency in the sector by requiring service providers to establish goals and actions aimed at the progressive improvement of rational energy use. Given that water supply and wastewater systems are highly energy-intensive, adopting structured energy management practices is essential. In this context, this dissertation analyzes the challenges and opportunities for implementing energy management systems in the sanitation sector, based on the ABNT NBR ISO 50001:2018 standard. The study provides an overview of the sector, addressing governance, energy consumption, and the impact of current legislation. Additionally, it critically examines the ISO 50001 requirements within the sanitation context, considering aspects such as significant energy uses, performance indicators, energy baseline, and opportunities for optimization. The dissertation also discusses regulatory challenges, business models, and public policies that influence the adoption of energy management in the sector. By providing a methodological and strategic framework for implementing energy management systems, this research contributes to improving energy efficiency in sanitation companies, reducing operational costs, and advancing sustainability and service universalization goals.

Keywords: Energy management, Energy efficiency, Sanitation, Water supply, Wastewater treatment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Companhias Estaduais de Saneamento Básico	6
Figura 2.2 - Evolução do consumo de energia (água e esgoto)	10
Figura 2.3 – Evolução das despesas com energia elétrica em sistemas de água e esgoto	11
Figura 2.4 - Evolução dos índices de consumo específico de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água e esgoto	12
Figura 2.5 - Etiqueta de eficiência energética (bomba centrífuga) e Selo Procel.....	32
Figura 2.6 - Evolução do número de registros anuais de conjuntos motobomba no PBE.....	32
Figura 2.7 Comparação entre benefícios ao longo do tempo entre uso de auditorias e sistema de gestão de energia.....	36
Figura 2.8 - Família de normas ISO 5000	37
Figura 4.1 - Conceito e definição de desempenho energético	43
Figura 4.2 - Ciclo PDCA previsto pela ISO 50001	44
Figura 4.3 - Fluxo de atividades associados a revisão energética	49
Figura 4.4 - Exemplos de gráficos para análise de uso e consumo de energia.....	51
Figura 4.5 - Classificação das atividades das unidades consumidores	52
Figura 4.6 - Significância de variáveis com relação ao consumo de energia	56
Figura 4.7 – Exemplo de linha de base do Consumo de energia pelo volume bombeado	57
Figura 4.8 - Conceito de linha de base para um indicador de desempenho energético	58
Figura 4.9 – Exemplo de histórico de energia e conceitos da M&V	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Informações e indicadores relacionados a energia disponíveis no SNIS.....	9
Tabela 2.2 - Principais leilões de concessão desde o Novo Marco Legal	18
Tabela 2.3 Distribuição da classificação da eficiência de bombas e motobombas registradas no PBE.	33
Tabela 2.4 - Quadro Comparativo das Regulamentações de Eficiência para Bombas Hidráulicas.....	35
Tabela 4.1 – Itens a considerar na definição de escopo e fronteiras.....	46
Tabela 4.2 – Visão geral das opções de M&V do PIMVP	69
Tabela 4.3 – Ações de eficiência no saneamento e Opção de PIMVP	72

SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRINSTAL – Associação Brasileira de Instalações Elétricas
ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ASSEMAE – Associação Nacional dos Serviços Municipais
BEN – Balanço Energético Nacional
CEN – Consumo Específico Normalizado de Energia
CESB – Companhia Estadual de Saneamento Básico
EEAB – Estação Elevatória de Água Bruta
EEAT – Estação Elevatória de Água Tratada
EPE – Empresa de Pesquisa Energética
ESG – *Environmental, Social and Governance* (Ambiental, Social e Governança)
ETA – Estação de Tratamento de Água
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto
EVO – *Energy Valuation Organization*
IDE - Indicador de Desempenho Energético
IEA – *International Energy Agency* (Agência Internacional de Energia)
ISO – *International Organization for Standardization*
LBE – Linha de Base Energética
M&V – Medição e Verificação
PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem
PDCA - Planejar-Fazer-Verificar-Agir (*Plan-Do-Check-Act*)
PDEf – Plano Decenal de Eficiência Energética
PIMVP – Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance
PLANSAB – Plano Nacional de Saneamento
PROEESA – Programa de Eficiência Energética no Saneamento Ambiental
SAA – Sistema de Abastecimento de Água
SES – Sistema de Esgotamento Sanitário
SGE – Sistema de Gestão da Energia
SINISA / SNIS – Sistema Nacional de Informações do Saneamento
UCE – Unidades Consumidoras de Energia
USE - Uso Significativo de Energia

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	OBJETIVOS	3
1.2	ESTRUTURA DE TRABALHO	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1	Panorama do Setor De Saneamento No Brasil	6
2.1.1	Sistema Nacional de Informações do Saneamento – SNIS/SINISA	8
2.2	O Novo Marco Legal do Saneamento.....	13
2.2.1	Avanços e resultados do novo marco legal	18
2.3	Prestadores de serviço do setor de saneamento no Brasil.....	21
2.4	Eficiência energética no saneamento: cenário atual	23
2.4.1	Políticas Públicas De Promoção Da Eficiência Energética No Saneamento.....	24
2.5	Sistemas de Gestão de Energia e A ISO 50001	35
3	METODOLOGIA.....	39
3.1	Natureza e abordagem da pesquisa	39
3.2	Procedimentos Metodológicos.....	40
4	ANÁLISE DA NORMA ISO 50001 APLICADA AO SETOR DE SANEAMENTO	
	43	
4.1	Contexto da organização.....	45
4.1.1	Escopo e fronteiras	45
4.1.2	Liderança	46
4.2	Planejamento energético	47
4.2.1	Objetivos e metas energéticas e planos para alcançá-los	47
4.2.2	Revisão energética.....	48
4.2.3	Indicadores de desempenho energético (IDE).....	55
4.2.4	Linha de base energética (LBE)	56
4.2.5	Planejamento da medição de energia.....	58
4.3	Implementação e operação.....	59
4.3.1	Recursos	59
4.3.2	Competência, treinamento e conscientização	60
4.3.3	Comunicação	61
4.3.4	Documentação	62
4.3.5	Controle operacional.....	62
4.3.6	Projeto.....	63
4.3.7	A aquisição de serviços, produtos e equipamentos de energia.....	64

4.3.8	Compra de energia.....	65
4.4	Verificação	67
4.4.1	Monitoramento, medição e análise	67
4.5	Análise crítica pela direção	73
5	DESAFIOS E OPORTUNIDADES DA GESTÃO ENERGÉTICA COM O NOVO MARCO LEGAL NO SANEAMENTO	74
5.1	Contratos de concessão dos serviços de saneamento.....	75
5.2	Entidades de regulação	76
5.3	Modelos de negócio	79
5.4	Políticas públicas	81
5.4.1	O Programa de Eficiência Energética da ANEEL (PEE).....	81
5.4.2	O Procel SANEAR	82
5.4.3	Incentivos a adoção da ISO 50001	82
5.4.4	Aprimoramentos no Programa Brasileiro de Etiquetagem de Bombas	83
6	CONCLUSÃO.....	85
	BIBLIOGRAFIA	88

1 INTRODUÇÃO

O saneamento básico é definido pela legislação brasileira como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana, limpeza urbana e manejo dos resíduos. É um serviço público de fundamental importância, diretamente relacionado à saúde e qualidade de vida da população e à conservação ambiental. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), para cada R\$ 1,00 investido em saneamento há uma economia de R\$ 4,00 em saúde (WHO, 2012). Dada sua relevância, o tema “Água Potável e Saneamento” foi reconhecido como um dos 17 objetivos para o desenvolvimento sustentável, visando “Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos” (ONU, 2015).

A universalização do atendimento saneamento básico é um desafio em escala global que requer recursos humanos, técnicos, financeiros e, notadamente, energéticos. A interdependência entre os setores de água e energia, frequentemente consolidada no conceito de nexo água-energia, não é um fenômeno recente, mas sim o resultado de uma longa trajetória evolutiva (IEA, 2016). Historicamente, a complexidade dos sistemas de saneamento evoluiu em paralelo direto com a disponibilidade e as formas de energia empregadas. Nas civilizações primordiais, a gestão hídrica dependia primariamente da energia potencial gravitacional e da energia muscular, como atestam as soluções de engenharia dos aquedutos romanos e os sistemas de *qanats* persas (ANGELAKIS et al., 2021; MAYS, 2010). A Revolução Industrial introduziu a primeira grande inflexão energética com a aplicação da máquina a vapor ao bombeamento de água e esgoto (SNOW, 2019).

Contudo, foi o advento da eletrificação, ao longo do século XX, que redefiniu o paradigma operacional do saneamento. A substituição das máquinas a vapor por motores elétricos acoplados a bombas centrífugas tornou-se a espinha dorsal dos sistemas modernos. Essa transição, embora tenha viabilizado a capilaridade e a confiabilidade dos serviços em escalas urbanas sem precedentes, consolidou o setor de saneamento como um consumidor intensivo e eletrodependente (TSUTIYA, 2006). Como reflexo desta trajetória, estima-se que 4% da energia consumida no mundo é destinada a sistemas de saneamento, principalmente abastecimento de água e esgotamento sanitário (IEA, 2016). No Brasil, o cenário é igualmente representativo. Os sistemas de água e esgoto consumiram em 2022 um total de 14,30 TWh de energia elétrica, que corresponde a 2,50% do consumo do país, comparando com o consumo final total de energia elétrica no período (EPE, 2023; SNIS 2023). Os sistemas de água foram

responsáveis por 88,3% deste consumo, enquanto os sistemas de esgoto consumiram 11,7% do total de energia.

Esta dependência energética agrava-se diante do imenso déficit de cobertura que o país ainda precisa superar. De acordo com os dados mais recentes do Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA, 2024), referentes ao ano base 2023 e já ajustados à nova realidade demográfica do Censo 2022, o atendimento de água potável por rede geral alcança 83,1% da população brasileira, enquanto a coleta de esgoto atende apenas 55,2% dos habitantes. O Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) estabelece metas ambiciosas de universalização, visando atender 99% dos domicílios com água e 92% com esgotamento sanitário até 2033. De acordo com o Ministério das Cidades estima que o investimento necessário é da ordem de R\$ 882,4 bilhões (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2025).

Com o objetivo de acelerar o cumprimento destas metas e atrair os investimentos necessários, a Lei nº 14.026/2020 fez importantes mudanças na legislação vigente, o chamado “Novo Marco Legal do Saneamento Básico”. Esta legislação induz a uma transformação estrutural do setor, exigindo comprovação de capacidade econômico-financeira dos prestadores e estabelecendo metas contratuais de eficiência e expansão.

Neste contexto de expansão compulsória, a energia elétrica emerge como um vetor crítico de sustentabilidade operacional. Ela é um insumo fundamental, representando a segunda maior despesa de custeio (OPEX) do setor, totalizando R\$ 9,2 bilhões em 2022 (SNIS, 2023). O desafio é duplo: ao mesmo tempo em que se deve expandir massivamente a infraestrutura, deve-se garantir que o custo operacional dessa nova infraestrutura seja gerenciável. A universalização do esgotamento sanitário, por exemplo, implicará um aumento expressivo no consumo de energia, tanto pelo bombeamento adicional em redes coletoras quanto pela operação das Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs). Sem um controle rigoroso, o sucesso na expansão do atendimento pode gerar um colapso operacional-financeiro futuro, decorrente do aumento exponencial dos custos energéticos.

Portanto, além de promover a expansão, é imperativo melhorar a eficiência operacional no setor, especialmente quanto às perdas de água e à eficiência energética. Conforme aponta o próprio PLANSAB:

“O uso eficiente da energia elétrica e a redução das perdas de água, além de permitir um retorno financeiro pela diminuição dos custos de produção e distribuição de água, possibilitam o melhor aproveitamento da infraestrutura existente e a postergação da aplicação de recursos para ampliação dos sistemas” (BRASIL, 2011).

É neste ponto que a gestão da energia se revela uma ferramenta estratégica. Ela figura entre as melhores práticas para proporcionar mais eficiência energética nas organizações, indo além de ações pontuais – como a simples troca de equipamentos – ao propor a implantação de processos sistematizados para identificar oportunidades, definir metas, implementar ações e verificar resultados de forma contínua. A norma ABNT NBR ISO 50001:2018 (Sistemas de Gestão de Energia) estabelece os requisitos mínimos que uma organização deve implementar para proporcionar a melhoria contínua do seu desempenho energético.

A eficiência energética, viabilizada por um sistema de gestão robusto, atua, assim, como um propulsor direto da universalização. Ao otimizar o uso da energia e reduzir os custos operacionais (OPEX), o prestador de serviço libera recursos financeiros que podem ser redirecionados para os investimentos em expansão (CAPEX) exigidos pelo Novo Marco Legal. A gestão de energia deixa de ser uma atividade secundária de redução de custos e passa a ser um componente central da estratégia de viabilidade econômica para o atingimento das metas de 2033.

Apesar deste potencial, a aplicação de sistemas de gestão de energia no setor de saneamento no Brasil ainda é bastante incipiente. Contudo, o novo ambiente regulatório, focado em eficiência e desempenho, pode proporcionar um grande avanço na adoção dessas práticas, potencializando os ganhos das ações de eficiência energética no setor.

1.1 OBJETIVOS

A gestão eficiente da energia no setor de saneamento é um dos desafios mais relevantes para a sustentabilidade operacional das concessionárias de abastecimento de água e esgotamento sanitário. O Novo Marco Legal do Saneamento (Lei nº 14.026/2020) impõe novas metas para a universalização dos serviços e estimula melhorias na eficiência operacional, tornando a gestão energética um elemento estratégico para garantir a viabilidade econômica e ambiental do setor.

Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo geral analisar e propor estratégias para a implementação de Sistemas de Gestão de Energia (SGE) no setor de saneamento, utilizando como referência a norma ABNT NBR ISO 50001:2018 e considerando os impactos regulatórios trazidos pelo Novo Marco Legal do Saneamento. O estudo busca evidenciar como a adoção de práticas estruturadas de gestão energética pode reduzir custos operacionais, otimizar o consumo de energia e melhorar a eficiência dos processos de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Para atingir esse objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar o setor de saneamento no Brasil, analisando o consumo energético e os principais desafios técnicos, econômicos e regulatórios para a implementação de medidas de eficiência energética.
- Investigar os impactos do Novo Marco Legal do Saneamento sobre a gestão energética, avaliando as exigências normativas, os desafios para a adoção de práticas mais eficientes e as oportunidades regulatórias que incentivam a melhoria da eficiência operacional.
- Analisar a aplicação da norma ABNT NBR ISO 50001:2018 no setor de saneamento, identificando barreiras e benefícios da implementação de Sistemas de Gestão de Energia (SGE) em empresas do setor.
- Desenvolver um arcabouço de diretrizes e estratégias para a implementação da gestão energética, considerando boas práticas de eficiência energética, o uso de tecnologias, mecanismos de financiamento e incentivos regulatórios.

Dessa forma, este trabalho pretende contribuir para o desenvolvimento de um modelo de gestão energética eficiente e sustentável para o setor de saneamento, alinhado às novas diretrizes regulatórias e aos desafios de modernização e universalização dos serviços.

1.2 ESTRUTURA DE TRABALHO

Este trabalho foi estruturado em seis capítulos, desde a contextualização do problema até a proposição de diretrizes estratégicas.

O Capítulo 1 apresenta a introdução ao tema, destacando a relevância do saneamento, o desafio imposto pelo alto consumo de energia e o papel catalisador do Novo Marco Legal, culminando na apresentação dos objetivos da pesquisa.

O Capítulo 2 consiste na Revisão Bibliográfica, onde se explora o conhecimento consolidado sobre o panorama do setor de saneamento no Brasil, as práticas atuais de gestão energética, as políticas públicas históricas e as experiências internacionais com a norma ISO 50001, identificando ao final a lacuna de pesquisa que este trabalho se propõe a preencher.

O Capítulo 3 detalha o percurso metodológico adotado. A pesquisa é caracterizada quanto à sua natureza e procedimentos, explicando a abordagem de análise documental, bibliográfica e crítica da norma técnica que fundamenta os capítulos subsequentes.

A partir desta metodologia, o Capítulo 4 realiza a análise central do trabalho, aplicando os requisitos da norma ABNT NBR ISO 50001 ao contexto específico do setor de saneamento, discutindo a pertinência e os desafios de cada etapa do Sistema de Gestão de Energia.

O Capítulo 5 sintetiza a análise e apresenta a principal contribuição desta dissertação: um conjunto de diretrizes estratégicas para a implementação de um SGE no setor, conectando aspectos regulatórios, modelos de negócio e otimização tecnológica.

Finalmente, o Capítulo 6 apresenta a Conclusão, apresentando os resultados obtidos, respondendo aos objetivos propostos e sugerindo recomendações para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta uma análise da literatura sobre a gestão de energia no setor de saneamento. Inicia-se com um panorama do setor no Brasil, caracterizando seu consumo energético e indicadores. Em seguida, examina-se como a gestão da eficiência energética tem sido praticada, as políticas públicas de fomento que marcaram o setor e as experiências internacionais com a norma ISO 50001. Por fim, a revisão é sintetizada para identificar a lacuna de pesquisa que justifica este estudo.

2.1 Panorama do Setor De Saneamento No Brasil

A evolução do setor de saneamento básico no Brasil obteve impulso no início da década de 70, auxiliada pelo grande crescimento econômico da época, que exigiu assim uma melhor estruturação do setor. O governo federal, com o objetivo de atender às demandas por saneamento básico, instituiu o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), destinando recursos financeiros principalmente para a ampliação da cobertura dos serviços de água e esgoto. Nessa época foram instituídas as Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESBs), ilustradas no mapa da Figura 2.1. Com a criação das companhias estaduais, municípios que não estavam estruturados administrativamente ou apresentavam déficits financeiros concederam a prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário a estas companhias, por meio de contrato de concessão com duração de trinta anos. Durante o PLANASA, os contratos de concessão foram os instrumentos legais firmados entre os municípios e as CESBs, assinados pelos municípios de forma impositiva para adesão ao Planasa, e consequentemente para a liberação de recursos (Philippi Junior; Galvão Junior, 2012).



Figura 2.1 - Companhias Estaduais de Saneamento Básico

Na década de 80, em razão da grave crise econômica e da escassez de fontes de financiamento para o setor, o PLANASA foi encerrado e o Banco Nacional de Habitação (BNH) extinto, ficando o setor fora da agenda prioritária dos investimentos governamentais. Em um contexto de insatisfação dos municípios com a prestação dos serviços, surge em 1984, a Associação Nacional dos Serviços Municipais (ASSEMAE), defendendo a titularidade municipal dos serviços de saneamento básico. A Constituição Federal de 1988, em seu Artigo 30, estabelece que: “compete aos municípios organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local”, e a titularidade dos serviços de saneamento é retomada pela municipalidade.

Quando administrado pelo próprio município, a prestação de serviços municipais pode ser constituída com administração direta do município ou no modelo de autarquia. No modelo de administração direta, a prefeitura assume diretamente a gestão dos serviços, cujas tarefas são divididas entre o departamento municipal de água e esgoto e por outros setores da prefeitura, tais como contabilidade, compras e assessoria jurídica, entre outros. Neste modelo de administração direta usualmente os departamentos são chamados de DAE ou DEMA E (Departamento Municipal de Água e Esgoto). Já no modelo de autarquia há maior autonomia do prestador para a gestão dos serviços, o que torna os processos mais ágeis e eficientes.

O modelo municipal tem algumas características positivas para a gestão do saneamento básico:

- Descentralização dos serviços;
- Os investimentos são realizados no próprio município;
- Gestão integrada de serviços de água, esgoto, resíduos sólidos e drenagem urbana;
- Maior proximidade com os usuários (soluções sociais e ambientais).

Os planos plurianuais iniciados pelo governo da década de 90 ressaltaram a necessidade de reformulação do modelo institucional e financeiro do setor, por meio da elaboração de estudos e do fomento a sua modernização. A Lei n. 8.987 de 1995 estabeleceu as diretrizes para os contratos de concessão entre os prestadores de serviço. Esta foi um choque para as companhias estaduais, pois não se prepararam para o fim dos contratos de concessão. Empresas importantes como a Sabesp, Copasa e Cagece iniciaram uma mudança institucional voltada para uma visão empresarial e gestão por resultados, consolidando seus planejamentos estratégicos. Neste período deu-se início ao incremento da participação do setor privado nos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, com o objetivo de

modernizar e flexibilizar o modelo vigente até então. A base legal para a participação privada nos serviços públicos de saneamento é o art.175 da Constituição Federal:

Art.175. Incumbe ao Poder Público, na forma da lei, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, sempre por meio de licitação, a prestação de serviços públicos.

Assim, os diversos tipos de prestadores de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário diferem entre si segundo a abrangência da atuação e a natureza jurídica. A abrangência do serviço pode ser regional, microrregional ou local. Os prestadores de nível local atendem um único município. Os de abrangência microrregional atendem dois ou mais municípios. E os de abrangência regional são as Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESBs) (DIEESE, 2016).

O primeiro marco legal do saneamento se deu com a Lei nº 11.445/2007, que atribuiu ao Governo Federal, sob a coordenação do Ministério das Cidades (atual Ministério do Desenvolvimento Regional), a responsabilidade pela elaboração Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab), que consiste no planejamento integrado do saneamento básico com horizonte de 20 anos, período de 2014 a 2033. O plano deve ser avaliado anualmente e revisado a cada quatro anos. Entre outras atribuições, o Plansab deve conter objetivos e metas nacionais e regionalizadas, de curto, médio e longo prazos para a universalização dos serviços de saneamento básico, propostas de ações necessárias para atingir os objetivos e metas, identificação das fontes de financiamento para as ações propostas e procedimentos para avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações executadas.

Entre os indicadores mais abrangentes estabelecidos pelo Plansab, o indicador A1 tem como meta atender até 2033 uma taxa de 99,0% dos domicílios urbanos e rurais abastecidos com água por rede de distribuição ou por poço ou nascente. Para os sistemas de esgotamento sanitário o indicador E1 tem como meta atender 92% de domicílios urbanos e rurais servidos por rede coletora ou fossa séptica.

2.1.1 SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES DO SANEAMENTO – SNIS/SINISA

O SNIS – Sistema Nacional de Informações do Saneamento apresenta alguns indicadores relacionados ao consumo, despesa e índices de consumo específico de energia nas empresas de saneamento.

Criado em 1996, o SNIS é uma unidade vinculada à Secretaria Nacional de Saneamento (SNS) do atual Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), antigo

Ministério das Cidades. Com abrangência nacional, reúne informações de caráter institucional, administrativo, operacional, gerencial, econômico-financeiro, contábil e de qualidade da prestação de serviços de saneamento básico em áreas urbanas das quatro componentes do saneamento básico. Desde 2009, a coleta de dados do SNIS é dirigida a todos os municípios e prestadores de serviços. Por isso, hoje, reúne informações de prestadores de todos os portes (locais, microrregionais e regionais) e naturezas jurídicas. A coleta de dados é realizada anualmente e de preenchimento voluntário pelos prestadores de serviço.

No ano de 2022 o SNIS contou com a participação de 5.424 municípios em abastecimento de água e 4.833 municípios para esgotamento sanitário, representando respectivamente 97,3% e 86,8% de representatividade com relação aos 5.570 municípios do Brasil.

A Tabela 2.1 relaciona as informações e os indicadores disponibilizados pelo SNIS relacionados a energia.

Tabela 2.1 – Informações e indicadores relacionados a energia disponíveis no SNIS

Sigla	Descrição	Unidade
AG028	Consumo total de energia nos sistemas de água	MWh/ano
ES028	Consumo total de energia nos sistemas de esgoto	MWh/ano
FN013	Despesa total de energia em sistemas de água e esgoto	R\$/ano
IN058	Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água	kWh/m ³
IN059	Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de esgotamento sanitário	kWh/m ³
IN055	Atendimento total de água	% da população
IN056	Atendimento total de esgoto	% da população

A seguir são apresentadas algumas análises destas informações ao longo dos anos.

- **Consumo total de energia nos sistemas de água (AG028) e nos sistemas de esgoto (ES028), dado em kWh/ano;**

No ano de 2022 o consumo total de energia elétrica foi de 14,30 TWh, compostos por 12,62 TWh dos sistemas de abastecimento de água (88,3% do total) e 1,67 TWh dos sistemas de esgotamento sanitário (11,7% do total). A evolução anual destas grandezas é apresentada na Figura 2.2.

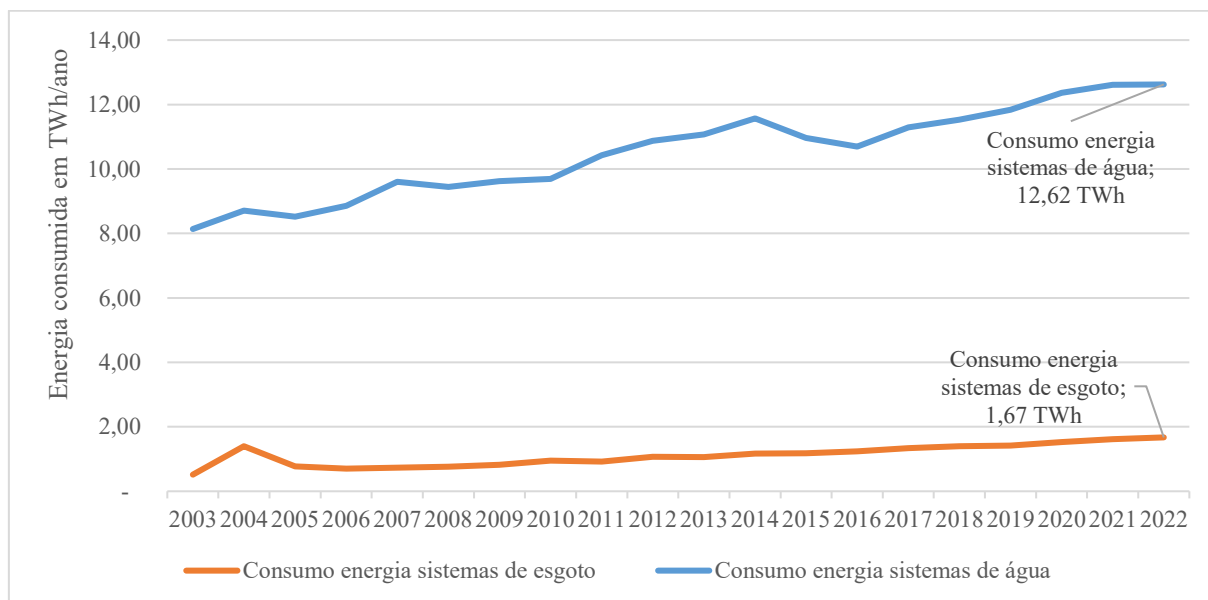


Figura 2.2 - Evolução do consumo de energia (água e esgoto)

Fonte: Diagnóstico Água e Esgoto – SNIS 2023, ano base 2022

A tendência crescente do consumo de energia acompanha os índices de atendimento com os serviços de água e esgoto e aumento da população. Outro fator que afeta o consumo de energia é a escassez hídrica, que faz com que sejam buscados outros mananciais mais distantes dos centros de consumo, que requerem maior quantidade de energia.

- **Despesa com energia elétrica (FN013), dada em R\$/ano;**

Em 2022, as despesas com energia elétrica dos prestadores de serviço de saneamento participantes do SNIS atingiram R\$ 9,16 bilhões, conforme apresentado no gráfico da Figura 2.3. A taxa de crescimento da despesa resulta do aumento do consumo de energia e do custo da energia, inclusive bandeiras tarifárias de energia implantadas a partir de 2015.

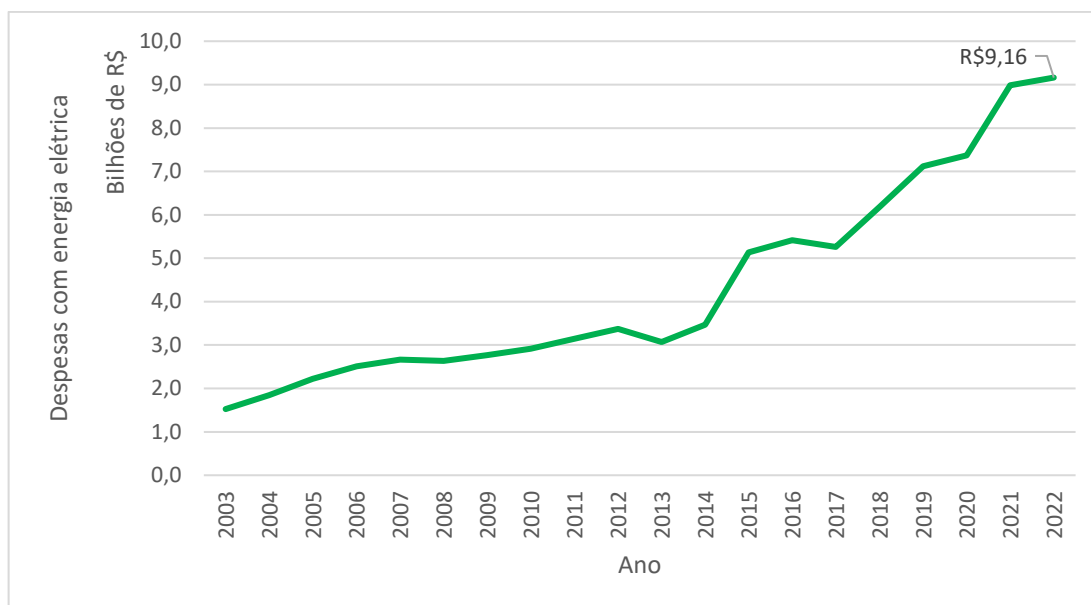


Figura 2.3 – Evolução das despesas com energia elétrica em sistemas de água e esgoto

Fonte: Diagnóstico Água e Esgoto – SNIS 2023, ano base 2022

- **Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água (IN058) e de esgotamento sanitário (IN059), dado em kWh/m³;**

O índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água (IN058) é definido como o consumo total de energia elétrica (AG028), dividido pela soma do volume de água produzido (AG006) e importado (AG018). No caso do esgoto o índice é calculado utilizando o consumo de energia (ES028) dividido pelo volume de esgoto coletado.

Segundo (Gomes et al., 2009) este indicador é útil para acompanhar o desempenho de uma mesma instalação ao longo do tempo, mas não se presta a comparar o desempenho de sistemas distintos, que podem estar sobre diferentes condições manométricas. Conforme ressalta (SNIS, 2020):

O envelhecimento gradual dos sistemas de abastecimento se reflete na evolução desse índice, tanto nas suas componentes de construção civil, como de equipamentos eletromecânicos.

Além do desgaste gradual das infraestruturas, a escassez hídrica, na vertente quantitativa e qualitativa, tem um impacto negativo no índice. Uma redução na quantidade de água disponível requer a utilização de fontes de água mais distantes ou mais profundas, aumentando o consumo energético. Uma degradação na qualidade da água requer um tratamento mais intensivo de energia e, consequentemente, mais oneroso.

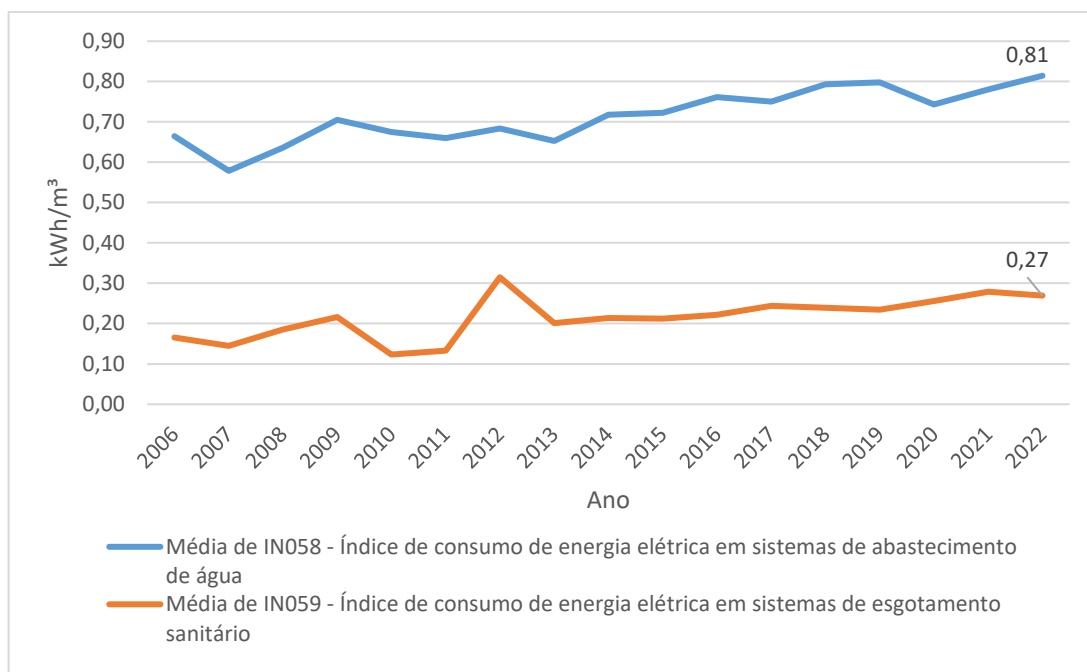


Figura 2.4 - Evolução dos índices de consumo específico de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água e esgoto

Fonte: Diagnóstico Água e Esgoto – SNIS 2023, ano base 2022

Com a transição do SNIS para o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SINISA), iniciada na coleta de 2024 (ano de referência 2023), os indicadores e informações tiveram sua nomenclatura revisada, e foi introduzida uma nova camada de detalhamento focada precisamente na gestão de energia. Embora os indicadores agregados históricos sejam mantidos para fins de continuidade (a exemplo do GFI2004 - antiga Despesa FN013, e GTA1301 - antigo Consumo AG028), a principal inovação do SINISA é a coleta de dados por infraestrutura. O novo sistema passa a exigir informações específicas para cada unidade de captação, seja superficial ou subterrânea.

Dentre as novas informações solicitadas, destacam-se:

- **Consumo de Energia por Unidade:** O consumo em kWh/ano deixa de ser apenas um dado global da empresa e passa a ser reportado por instalação, através dos códigos GTA2011 (Energia consumida para bombeamento de água bruta na unidade de captação superficial) e GTA2211 (Energia consumida para bombeamento na unidade de captação subterrânea).
- **Altura Manométrica:** O dado fundamental que faltava para a normalização é agora coletado pelos códigos GTA2012 (Altura manométrica para

bombeamento de água bruta na unidade de captação superficial) e GTA2212 (Altura manométrica para bombeamento na unidade de captação subterrânea).

- Volume Captado na Unidade: O volume específico de cada captação também é solicitado (GTA2010 e GTA2210).

Com base nessas informações, o próprio SINISA propõe o cálculo de um novo indicador de desempenho por instalação: a Eficiência Energética (GTA2013 e GTA2213). Este indicador é, na prática, um Consumo Específico Normalizado (CEN), expresso na unidade kWh/(m³·100m), calculado pela fórmula:

$$\text{Energia Consumida} \times 100.000 / (\text{Volume Captado} \times \text{Altura Manométrica}).$$

O potencial analítico desta atualização é imenso. Ao normalizar o consumo de energia pela altura manométrica, o SINISA soluciona a crítica metodológica do antigo, permitindo, pela primeira vez em nível nacional, um benchmarking justo e eficaz entre diferentes prestadores de serviço, mesmo com realidades topográficas distintas.

Para a gestão interna dos prestadores, os benefícios são ainda mais diretos. A granularidade da informação (por unidade de captação) eleva o patamar do gerenciamento, permitindo que os gestores identifiquem com precisão quais estações elevatórias ou poços específicos apresentam baixo desempenho. Isso possibilita o direcionamento assertivo de investimentos em modernização e eficiência energética (como a substituição de conjuntos motobomba) com base em dados concretos de desempenho, e não apenas no consumo agregado.

A implementação destes novos indicadores de infraestrutura, conforme os formulários oficiais, será gradual (prevista para "Até ano 5", que se refere a 2029), indicando um período de adaptação necessário para que os prestadores estruturem seus próprios sistemas de medição e controle para reportar esses dados essenciais.

2.2 O Novo Marco Legal do Saneamento

Com o objetivo de acelerar o processo de universalização do saneamento básico, a Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020 atualizou o marco legal do saneamento básico, promovendo importantes na legislação vigente, com destaque para: a Lei nº 9.984/2000 que trata da Agência Nacional de Águas, e a Lei nº 11.445/2007 que estabelece as diretrizes para o saneamento básico.

A Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000 dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas (ANA), autarquia federal atualmente vinculada ao Ministério de Desenvolvimento

Regional (MDR), com a atribuição de implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos e da Política Nacional de Recursos Hídricos (Brasil, 2000).

Com o novo marco legal a Agência Nacional de Águas (ANA) passa a ser chamada de Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, ficando sob sua responsabilidade, além das atribuições originais, a competência para editar normas de referência para regulação do serviço de saneamento básico.

O Parágrafo 1º do Artigo 4-A da Lei nº 9.984/2000 estabelece os tópicos sobre os quais caberá à ANA estabelecer normas de referência. Destaca-se entre eles algumas normas de referência que podem ser relacionados à eficiência energética dos prestadores:

- I - padrões de qualidade e eficiência na prestação, na manutenção e na operação dos sistemas de saneamento básico;
- III - padronização dos instrumentos negociais de prestação de serviços públicos de saneamento básico firmados entre o titular do serviço público e o delegatário, os quais contemplarão metas de qualidade, eficiência e ampliação da cobertura dos serviços, bem como especificação da matriz de riscos e dos mecanismos de manutenção do equilíbrio econômico-financeiro das atividades;
- VI - redução progressiva e controle da perda de água;

O texto revisado da lei aborda ainda que caberá à ANA elaborar estudos técnicos para o desenvolvimento das melhores práticas regulatórias para os serviços públicos de saneamento básico, bem como guias e manuais para subsidiar o desenvolvimento das referidas práticas, e também promover a capacitação de recursos humanos para a regulação adequada e eficiente do setor de saneamento básico.

A Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 estabelece as diretrizes nacionais do saneamento básico. Com a redação dada pelo novo marco legal (Lei nº 14.026/2020) a eficiência energética figura entre os princípios fundamentais da prestação de serviços públicos de saneamento básico, (Art. 2º, item XIII):

Os serviços públicos de saneamento básico serão prestados com base nos seguintes princípios fundamentais: (...)

XIII - redução e controle das perdas de água, inclusive na distribuição de água tratada, estímulo à racionalização de seu consumo pelos usuários e fomento à eficiência energética, ao reuso de efluentes sanitários e ao aproveitamento de águas de chuva (Brasil, 2020)

A lei define o serviço público de abastecimento de água envolve as atividades de:

- a) Reservação de água bruta;
- b) Captação de água bruta;
- c) Adução de água bruta;
- d) Adução de água tratada;
- e) Reservação de água tratada

Já os serviços de esgotamento sanitário são considerados aqueles constituídos por pelo menos uma das seguintes atividades:

- a) Coleta dos esgotos sanitários, incluída a ligação predial;
- b) Transporte dos esgotos sanitários
- c) Tratamento dos esgotos sanitários
- d) Disposição final dos esgotos sanitários e dos lodos originários da operação de unidades de tratamento, incluídas fossas sépticas.

Entidades reguladoras

A promoção da eficiência na prestação dos serviços de saneamento é uma das atribuições das entidades reguladoras, como aborda a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, em seu Capítulo V trata de aspectos da regulação, que tem entre seus objetivos:

I - estabelecer padrões e normas para a adequada prestação e a expansão da qualidade dos serviços e para a satisfação dos usuários, com observação das normas de referência editadas pela ANA;

II - garantir o cumprimento das condições e metas estabelecidas nos contratos de prestação de serviços e nos planos municipais ou de prestação regionalizada de saneamento básico;

No Artigo 23, a lei estabelece que as entidades reguladoras, observadas as diretrizes determinadas pela ANA, também tem a atribuição de editar normas relativas às dimensões técnica, econômica e social de prestação dos serviços públicos de saneamento básico, que abrangerão, pelo menos, os seguintes aspectos:

I - padrões e indicadores de qualidade da prestação dos serviços;

II - requisitos operacionais e de manutenção dos sistemas;

III - as metas progressivas de expansão e de qualidade dos serviços e os respectivos prazos;

IV - regime, estrutura e níveis tarifários, bem como os procedimentos e prazos de sua fixação, reajuste e revisão;

V - medição, faturamento e cobrança de serviços

VI - monitoramento dos custos;

VII - avaliação da eficiência e eficácia dos serviços prestados;

VIII - plano de contas e mecanismos de informação, auditoria e certificação;

IX - subsídios tarifários e não tarifários;

X - padrões de atendimento ao público e mecanismos de participação e informação;

XI - medidas de segurança, de contingência e de emergência, inclusive quanto a racionamento;

XIII - procedimentos de fiscalização e de aplicação de sanções previstas nos instrumentos contratuais e na legislação do titular; e

XIV - diretrizes para a redução progressiva e controle das perdas de água

O capítulo VII da Lei 11.445/2007 trata dos aspectos técnicos da prestação de serviços do saneamento, e em seu Artigo 43, parágrafo 2º que a entidade reguladora será responsável por estabelecer os limites máximos de perda na distribuição de água tratada. Estes limites poderão ser reduzidos gradualmente, conforme se verificarem avanços tecnológicos e maiores investimentos em medidas para diminuição desse desperdício.

O Capítulo IX, Art. 48, estabelece a responsabilidade da União, que no estabelecimento de sua política de saneamento básico deverá observar “redução progressiva e controle das perdas de água, inclusive na distribuição da água tratada, estímulo à racionalização de seu consumo pelos usuários e fomento à eficiência energética, ao reuso de efluentes sanitários e ao aproveitamento de águas de chuva, em conformidade com as demais normas ambientais e de saúde pública”. Destaca-se também que promover a capacitação técnica do setor é um dos objetivos das políticas públicas.

A lei coloca ainda como condicionante a alocação de recursos públicos federais e os financiamentos com recursos da União, entre outros, ao:

- alcance de níveis mínimos de eficiência e eficácia na prestação de serviços públicos de saneamento;
- cumprimento de índice de perda de água na distribuição;

- fornecimento de informações atualizadas para o SINISA, conforme critérios, métodos e periodicidade estabelecidos pelo Ministério do Desenvolvimento Regional;

Contratos de prestação de serviços

O estabelecimento de metas progressivas e graduais de eficiência e uso racional de energia passa a ser item obrigatório nos contratos de prestação de serviços de saneamento, como estabelecem os artigos 10-A e 11:

Os contratos relativos à prestação dos serviços públicos de saneamento básico deverão conter, expressamente, sob pena de nulidade, metas de expansão dos serviços, redução de perdas na distribuição de água tratada, qualidade na prestação dos serviços, eficiência e uso racional da água, da energia e de outros recursos naturais, do reuso de efluentes sanitários.

No Art.11-B, fica clara a obrigatoriedade do prestador de serviço em estabelecer planos de atingimento das metas de universalização prevista no PLANSAB:

“Os contratos de prestação dos serviços públicos de saneamento básico deverão definir metas de universalização que garantam o atendimento de 99% (noventa e nove por cento) da população com água potável e de 90% (noventa por cento) da população com coleta e tratamento de esgotos até 31 de dezembro de 2033, assim como metas quantitativas de não intermitência do abastecimento, de redução de perdas e de melhoria dos processos de tratamento”.

As metas previstas deverão ser observadas no âmbito municipal, quando exercida a titularidade de maneira independente, ou no âmbito da prestação regionalizada, quando aplicável.

Garantia de recursos

Entre os entraves para a expansão da universalização do saneamento um dos principais é a falta de recursos dos prestadores de serviço. Neste sentido o novo marco legal estabelece no Artigo 10-B que:

Os contratos em vigor, incluídos aditivos e renovações, autorizados nos termos desta Lei, bem como aqueles provenientes de licitação para prestação ou concessão dos serviços públicos de saneamento básico, estarão condicionados à comprovação da capacidade econômico-financeira da contratada, por recursos próprios ou por contratação de dívida, com vistas a viabilizar a universalização dos serviços na área licitada até 31 de dezembro de 2033, nos termos do § 2º do art. 11-B desta Lei.

A lei aborda ainda no Art. 13. Os entes da Federação, isoladamente ou reunidos em consórcios públicos, poderão instituir fundos, aos quais poderão ser destinadas, entre outros recursos, parcelas das receitas dos serviços, com a finalidade de custear, na conformidade do

disposto nos respectivos planos de saneamento básico, a universalização dos serviços públicos de saneamento básico.

2.2.1 AVANÇOS E RESULTADOS DO NOVO MARCO LEGAL

A reestruturação promovida pelo Novo Marco Legal (Lei nº 14.026/2020) rapidamente se traduziu em resultados concretos, catalisando uma transformação estrutural no setor de saneamento brasileiro, centrada na atração de investimentos privados e na busca por eficiência operacional.

O principal vetor de mudança foi a extinção dos "contratos de programa", que eram firmados sem licitação entre municípios e empresas estatais, e a instituição da obrigatoriedade do processo licitatório. Esta medida abriu o mercado para uma série de leilões de concessão e parcerias público-privadas (PPPs), mobilizando capitais em volumes sem precedentes para o setor.

Segundo o relatório "Avanços do Novo Marco Legal do Saneamento Básico no Brasil – 2024", publicado pelo Instituto Trata Brasil com base nos dados do SNIS 2022, os efeitos já são mensuráveis. Entre 2020 e 2022, o número de municípios atendidos total ou parcialmente pela iniciativa privada saltou para 2.180, ou 39% do total de municípios brasileiros. Este avanço significa que 124,7 milhões de brasileiros (61,5% da população) já recebem serviços de água ou esgoto com alguma participação privada (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2024).

Esta expansão foi impulsionada por 19 projetos de concessão ou PPPs realizados no período, que, segundo o Instituto Trata Brasil (2024), contrataram R\$ 50,7 bilhões entre outorgas e investimentos. A sua dissertação aponta um valor ainda mais expressivo de R\$ 177,9 bilhões em investimentos totais previstos nesses contratos, abrangendo 1.529 municípios.

A Tabela 2.2 consolida os dados dos principais projetos licitados desde 2020.

Tabela 2.2 - Principais leilões de concessão desde o Novo Marco Legal

Bloco de Concessão/Estado	Operador Vencedor	Investimento Previsto (CAPEX - R\$ bilhões)	Meta de Universalização (Água/Esgoto)	Meta de Redução de Perdas na Distribuição (IPD)
CEDAE - Blocos 1 e 4 (RJ)	Consórcio Aegea	R\$ 24,4	99% água / 90% esgoto até 2033	Reduzir de >50% para 25% em até 10 anos
CEDAE - Bloco 3 (RJ)	Iguá Saneamento	(Incluso no total dos blocos da CEDAE)	99% água / 90% esgoto até 2033	Reduzir de >50% para 25% em até 10 anos

Região Metropolitana de Maceió (AL)	BRK Ambiental	R\$ 2,6	99% água / 90% esgoto até 2033	Reduzir de 59% para 25%
Amapá (16 municípios)	Concessionária Marco Zero (Equatorial/SAM)	R\$ 3,0	99% água / 90% esgoto até 2033	Reduzir de 75% para 25% em até 10 anos
CORSAN - Bloco de 317 municípios (RS)	Consórcio Aegea	R\$ 41,0	99% água / 90% esgoto até 2033	Reduzir de >40% para 25% em até 10 anos
SABESP (Estado de São Paulo)	Capital pulverizado (via follow-on). Acionista de referência: Consórcio Equatorial.	R\$ 68,0 (até 2029)	99% água / 90% esgoto até 2029 (Antecipação da meta)	Otimização contínua. (Índice em 2024 era de 29,4%, já abaixo da média nacional)

Fonte: Elaboração própria, com base em AGÊNCIA BRASIL (2025), AGÊNCIA SP (2024), SÃO PAULO (2024) e S&P GLOBAL (2025) BNDES (2020; 2021a; 2021b; 2021c; 2021d; 2021e), RIO DE JANEIRO (2021) e CORSAN (2023).

A análise dos casos emblemáticos revela diferentes estratégias e a magnitude dos desafios. O leilão da CEDAE, no Rio de Janeiro, representa a reestruturação de uma das maiores companhias estaduais do país. A divisão da área de concessão em quatro blocos operacionais visou atrair múltiplos operadores (Aegee e Iguá), fomentando a competição dentro da mesma região metropolitana. O desafio é monumental: os contratos exigem a redução do índice de perdas de mais de 50% para um patamar de 25%, uma meta que demanda investimentos massivos não apenas em substituição de redes, mas em inteligência operacional, setorização e controle ativo de pressão, todas medidas com impacto direto e positivo na eficiência energética.

Os casos de Alagoas e Amapá funcionam como provas de conceito para estados com baixíssimos índices históricos de cobertura. Nesses leilões, o modelo de concessão viabilizou a entrada de operadores capitalizados (BRK Ambiental e Consórcio Marco Zero) com a missão de construir grande parte da infraestrutura necessária, uma tarefa que se mostrava inviável sob o modelo de financiamento público anterior. A meta de reduzir perdas de 75% para 25% no Amapá, por exemplo, ilustra a transformação de um sistema precário em um que, por obrigação contratual, deverá operar com padrões de eficiência de primeiro mundo.

A privatização da CORSAN, no Rio Grande do Sul, representa um modelo distinto: a venda do controle acionário de uma companhia estadual inteira, abrangendo 317 municípios. O compromisso de investimento de R\$ 41 bilhões pela Aegee sinaliza a escala da modernização necessária em uma rede vasta e complexa. O foco será na atualização tecnológica e na otimização de um sistema já existente, porém com níveis de eficiência aquém do potencial.

Mais recentemente, um segundo e ainda mais significativo movimento de capital foi a privatização da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), a maior empresa de saneamento da América Latina. Concluída em julho de 2024, a operação não foi um leilão de concessão, mas sim uma capitalização via follow-on (oferta de ações) que pulverizou o controle acionário e moveu a empresa para o segmento privado, arrecadando R\$ 12 bilhões. A justificativa central do governo paulista para a operação foi viabilizar a antecipação das metas de universalização exigidas pelo Novo Marco Legal, estimando a necessidade de R\$ 64 bilhões em investimentos até 2029, montante considerado inviável sob o modelo de gestão pública (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2024).

Paralelamente à forte indução do capital privado, os mecanismos de financiamento público continuam a ser um pilar de avanço. Em outubro de 2024, o Ministério das Cidades, por exemplo, anunciou a seleção de 51 projetos que receberão R\$ 3,7 bilhões em financiamento do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS). Esta ação demonstra um foco complementar do poder público, direcionando recursos especialmente para municípios de pequeno porte (abaixo de 50.000 habitantes), que muitas vezes não integram os grandes blocos de concessão (BRASIL, 2024).

Esses projetos revelam uma relação entre o capital intensivo (CAPEX) e os custos operacionais (OPEX), que se torna o principal vetor de modernização tecnológica. Os grandes investimentos previstos nos contratos não se destinam apenas à expansão física das redes. Uma parcela significativa é, por necessidade estratégica, alocada para a modernização tecnológica com o objetivo de reduzir os custos operacionais ao longo dos 35 anos de contrato. Operadores privados, orientados por uma lógica de retorno sobre o investimento de longo prazo, compreendem que um dispêndio maior no início do contrato em tecnologias eficientes – como bombas de alto rendimento, inversores de frequência, sensores e sistemas de automação – resulta em economias substanciais e contínuas nos custos de energia e manutenção.

Este mecanismo cria um ciclo virtuoso que era ausente no modelo anterior, cronicamente subfinanciado. O marco legal força a injeção de CAPEX. Este capital é então utilizado para implementar tecnologias que reduzem o OPEX, como os custos de energia. A economia no OPEX melhora a margem de lucro e a saúde financeira do operador, o que, por sua vez, facilita a obtenção de novos financiamentos para melhorias contínuas e garante o cumprimento das metas contratuais. O modelo de concessão, portanto, não apenas financia a construção de infraestrutura, mas estabelece um modelo de negócio autossustentável para a modernização tecnológica e a busca incessante por eficiência. A decisão de investir em

tecnologia de ponta deixa de ser um custo a ser evitado e passa a ser um instrumento para proteger a rentabilidade do negócio no longo prazo.

Apesar dos avanços na infraestrutura impulsionados pela participação privada, um estudo do Centro de Liderança Pública (CLP) projeta que, no ritmo atual de investimentos, a universalização só será alcançada em 2070, quase quatro décadas após o previsto.

Entre os principais entraves apontados estão:

- **Atrasos na regionalização:** A lei determina que os estados formem blocos de municípios para contratar os serviços de forma coletiva, visando incluir cidades menores e com menos recursos. No entanto, especialistas afirmam que a regionalização existe "mais no plano formal do que na prática" e que a falta de protagonismo político para coordenar esse processo é um obstáculo.
- **Dificuldades técnicas e financeiras:** Municípios enfrentam dificuldades na estruturação dos projetos, e há atrasos na comprovação da capacidade financeira das concessionárias para executar os investimentos.
- **Exclusão de populações vulneráveis:** Há uma preocupação de que populações rurais e moradores de áreas irregulares sejam excluídos das metas, uma vez que projetos em estados como Alagoas e Rio de Janeiro foram pensados exclusivamente para áreas urbanas.
- **Mudanças climáticas:** Os futuros projetos precisarão se adaptar aos riscos climáticos e incorporar conceitos de infraestrutura resiliente.

2.3 Prestadores de serviço do setor de saneamento no Brasil

O cenário da operação privada é caracterizado pela forte presença de algumas holdings que se destacam pela escala e pela sofisticação de suas estratégias.

Aegea Saneamento: Posicionada como a líder do setor privado no Brasil, a Aegea atende uma população que supera 33 milhões de pessoas, distribuídas em 766 municípios. A empresa adota uma estratégia de crescimento agressiva, evidenciada por suas vitórias em leilões de grande porte, como a privatização da Companhia Riograndense de Saneamento (Corsan) e a concessão de dois blocos da Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (Cedae). Além disso, a companhia participa de modelos de PPP com a Sanepar, no Paraná. Sua robustez financeira é demonstrada por resultados expressivos, como o EBITDA (lucro antes de

juros, impostos, depreciação e amortização) de R\$ 5,5 bilhões nos primeiros nove meses de 2024, e por um foco estratégico em emissões de dívidas com selo ESG (Ambiental, Social e Governança), que somaram R\$ 5,5 bilhões em uma única operação de debêntures.

Iguá Saneamento: Outro ator de grande relevância, a Iguá atende mais de 3 milhões de pessoas e demonstra uma gestão estratégica de seu portfólio de ativos, como a venda de concessões de menor porte para concentrar recursos em operações com maior potencial de geração de valor. A atuação da empresa é marcada por projetos de alto impacto socioambiental, como a revitalização do Complexo Lagunar da Barra da Tijuca e de Jacarepaguá, no Rio de Janeiro, uma contrapartida de seu contrato de concessão. A empresa também se destaca como um emissor proeminente de títulos sustentáveis, tendo captado R\$ 3,8 bilhões em uma operação *sustainable bonds*. Sua mais recente vitória foi no leilão de concessão dos serviços de saneamento de Sergipe, com uma oferta de R\$ 4,5 bilhões.

BRK Ambiental: Sendo um dos operadores privados mais tradicionais do país, a BRK Ambiental mantém uma presença significativa no setor, sendo a concessionária responsável pelo Bloco A de Alagoas, após um leilão de sucesso que envolveu um lance de outorga de mais de R\$ 2 bilhões. A empresa continua a ser uma competidora ativa nos leilões mais recentes, como o de Sergipe, onde também apresentou proposta.

Novos Entrantes e Modelos Híbridos

A dinâmica do setor não se limita às holdings tradicionais. A entrada de empresas de outros setores de infraestrutura e a adoção de modelos contratuais flexíveis estão diversificando o panorama.

Equatorial Energia: A vitória do Consórcio Marco Zero, liderado pela Equatorial Energia, no leilão para a concessão do bloco único do Amapá, representa um desenvolvimento setorial de grande importância. A entrada de uma gigante do setor elétrico no saneamento não é uma mera diversificação de portfólio. Empresas de energia possuem uma profunda expertise em gestão de redes de distribuição complexas, otimização de custos energéticos, que é um dos principais componentes do custo operacional do saneamento, e um relacionamento consolidado com agências reguladoras. Portanto, a movimentação da Equatorial é uma jogada estratégica que busca criar sinergias operacionais e financeiras, aproveitando competências já estabelecidas

para otimizar a gestão do saneamento. Essa convergência setorial pode redefinir os padrões de eficiência energética e operacional, estabelecendo novos benchmarks para o mercado.

Parcerias Público-Privadas (PPPs) da Sanepar: A Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), uma estatal reconhecida por sua alta performance, tem adotado o modelo de PPP como estratégia para acelerar a universalização do esgotamento sanitário em 112 a 128 de seus municípios. Essas parcerias foram firmadas com consórcios privados que incluem as líderes de mercado Aegea e Iguá. Este modelo híbrido surge como uma solução sofisticada para um dilema comum. A privatização completa de uma estatal eficiente como a Sanepar enfrentaria forte resistência política e social. No entanto, a companhia necessita de aportes de capital significativos para cumprir as metas de investimento. A PPP permite atrair o capital e a expertise operacional do setor privado para projetos específicos, como a expansão da rede de esgoto, sem que a estatal ceda o controle acionário ou o relacionamento direto com o cliente. Para o parceiro privado, associar-se a uma companhia consolidada mitiga riscos de entrada no mercado e permite alavancar a infraestrutura e a reputação já existentes. Assim, a PPP se consolida não como uma etapa transitória para a privatização, mas como um modelo de negócio sustentável em si, que combina as forças dos setores público e privado para atingir objetivos de política pública de forma acelerada.

2.4 Eficiência energética no saneamento: cenário atual

De maneira geral a eficiência energética no setor de saneamento do Brasil se baseia as ações pontuais, principalmente pela substituição de equipamentos. Esta abordagem limita os resultados e não atinge o potencial que poderia ser obtido em uma abordagem mais sistêmica. É o caso por exemplo da substituição de motores por modelos de alto rendimento se a avaliação e melhoria do sistema como um todo, envolvendo os componentes hidráulicos, a bomba, sistema de acionamento e automação.

Uma pesquisa realizada com empresas de saneamento (PROEESA, 2020) apontou que 57% dos prestadores de serviço do saneamento não possuem um sistema de gestão de energia. Entre aqueles prestadores que possuem um sistema de gestão, 66% utilizam planilhas (Excel ou similar), enquanto 33% utilizam softwares específicos. O déficit de ações de gestão de energia se concentra especialmente nos prestadores de serviço de menor porte, enquanto grandes corporações já possuem ações e sistemas mais consolidados.

2.4.1 POLÍTICAS PÚBLICAS DE PROMOÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SANEAMENTO

Buscando fomentar a importância do tema eficiência energética e capacitar os prestadores de serviço, diversos programas e políticas públicas foram realizados no Brasil. A seguir são apresentados alguns destes programas e seus principais resultados.

2.4.1.1 PROGRAMA PROCEL SANEAR

O PROCEL Sanear tem como finalidade promover a eficiência energética no setor de saneamento ambiental, bem como o gerenciamento do uso da água e a diminuição de seu desperdício. Atua por meio de parcerias estratégicas, e suas principais áreas de atuação são:

- Promoção de ações de capacitação em eficiência energética dos profissionais do setor de saneamento ambiental;
- Incentivo ao desenvolvimento de projetos que promovam a eficiência energética e o combate ao desperdício de água e de energia nos sistemas de saneamento; e
- Apoio às ações de Pesquisa Aplicada, Desenvolvimento e Inovação (P&D+I), por meio da atuação da Rede LENHS - Laboratórios de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento - e da revisão e edição de publicações técnicas voltadas para a eficiência energética, o controle e a redução de perdas de água no saneamento e irrigação.

A partir de 2004, o PROCEL Sanear firmou Convênios para implantação de 06 Laboratórios de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento – LENHS nas 5 regiões geográficas do país. Neste momento foram implantados laboratórios fixos em 5 universidades federais. Em 2012 foram implantados mais 3 laboratórios fixos e 2 móveis. Entretanto, com a retirada de uma das universidades, a Rede LENHS possui atualmente 10 laboratórios.

Os LENHS são compostos por bancadas fixas, que são modelos reduzidos de sistemas de abastecimento de água típicos, e por equipamentos móveis, para a realização de medições em campo. Embora cada um dos laboratórios possua sua identidade física particular, no que se refere à disposição da bancada (vertical ou horizontal), bem como à quantidade e tipo de instrumentos utilizados, todos preservam similaridades em suas funções, sendo capazes de realizar as mesmas simulações e estudos.

Os laboratórios da Rede LENHS têm como objetivo tornarem-se centros de referência regionais no aperfeiçoamento de técnicas e procedimentos referentes ao uso eficiente e

integrado de energia elétrica e água no setor de saneamento. Os laboratórios atuam em rede e em atividades multidisciplinares, atendendo às demandas do PROCEL Sanear e das instituições parceiras no suporte aos prestadores de serviços de saneamento ambiental. Além disso, promovem a realização de treinamentos para profissionais do setor de saneamento e incorporação de inovações tecnológicas em metodologias e equipamentos, que são aplicadas aos sistemas de abastecimento de água brasileiros. Casos experimentais e pesquisas tecnológicas inovadoras são divulgados e debatidos em congressos e seminários do setor, além da comunidade acadêmica.

No ano de 2018 com recursos do primeiro PAR PROCEL foi contratada consultoria técnica especializada para elaboração do Plano Diretor de Negócios e Gestão (PDNG) da Rede LENHS, no horizonte 2018/2030 (12 anos). O PDNG objetivou a definição de posicionamento estratégico e a determinação de diretrizes para o funcionamento da Rede LENHS nos próximos anos. As seguintes premissas nortearam sua elaboração:

- Necessidade de realização de serviços com resultados efetivos e mensuráveis para a melhoria da eficiência hidroenergética no setor de saneamento, alinhados aos objetivos do PROCEL;
- Busca pela sustentabilidade financeira da Rede LENHS através da execução de serviços, de modo a não depender de recursos do PROCEL ou da Eletrobras;
- Busca pelo aumento de eficiência, melhoria de gestão e fortalecimento da atuação em rede dos laboratórios.

O PDNG foi realizado com base em um estudo aprofundado de diagnóstico da eficiência energética no setor saneamento, de uma forma geral, confrontando as demandas atuais e futuras com o potencial da Rede LENHS, avaliando sua infraestrutura, capital humano, capacidade de realização de análises laboratoriais e prestação de serviços ao mercado, sendo proposto um novo modelo de funcionamento para a rede. Como resultado, em 2024 foi fundada a AEESA- Associação para Eficiência Energética no Saneamento, que tem como objetivo realizar projetos e estudos para promover a eficiência energética no setor.

2.4.1.2 PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – PEE

O PEE foi criado pela Lei 9991/2000 que estabeleceu a obrigatoriedade das concessionárias e permissionárias de distribuição de energia elétrica a aplicarem o montante anual mínimo de 0,50% de sua receita operacional líquida em ações de combate ao desperdício

de energia elétrica. Os projetos são regulamentados pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, a fim de maximizar os benefícios públicos da energia economizada e da demanda evitada e transformar o mercado estimulando o desenvolvimento de novas tecnologias e a criação de hábitos e práticas racionais de energia elétrica. Para a realização dos projetos, as concessionárias e permissionárias com mercado de energia superior a 1 GWh/ano devem realizar Chamadas Públicas anualmente e os projetos podem ser apresentados por Empresas de Serviços de Conservação de Energia Elétrica (ESCO), fabricantes, comerciantes ou ainda pelos próprios consumidores.

Nos projetos de empresas públicas os recursos do PEE podem ser aplicados “a fundo perdido”, enquanto nas empresas do setor privado é obrigatório firmar Contrato de Desempenho, exceto nos casos previamente analisados pela ANEEL e expressamente autorizados. Desde 2018, com a revisão dos Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE) aprovada pela Resolução Normativa N° 830/2018, empresas de serviços públicos de capital misto também podem receber os recursos do PEE a fundo perdido, desde que não haja participação de capital majoritariamente privado.

De acordo com o Módulo 4 dos Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE), os projetos de eficiência energética para o saneamento se enquadram na tipologia “Serviços Públicos”, que prevê ações com as seguintes características:

- Melhoria de Instalação (iluminação, condicionamento ambiental, sistemas motrizes ou sistemas de refrigeração)
 - Bônus para equipamento eficiente
 - Aquecimento solar
 - Geração com fonte incentivada
 - Gestão energética
 - Reciclagem

Prestadores de serviços da administração direta ou indireta de municípios, como as autarquias municipais também podem se enquadrar na tipologia “Gestão Energética Municipal”.

2.4.1.3 COM+ÁGUA 2 – INTERÁGUAS

O Projeto COM+ÁGUA.2 foi realizado em 2018, integrado ao Programa INTERÁGUAS, coordenado pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, vinculada ao

Ministério das Cidades (atual Ministério de Desenvolvimento Regional) em parceria com o Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA). O objetivo do projeto foi fortalecer os prestadores de serviços nos seguintes aspectos: modernização institucional visando à melhoria na redução de perdas reais e aparentes de água e o desenvolvimento gerencial; institucionalização de atividades rotineiras relacionadas ao gerenciamento das perdas de água e do uso de energia no âmbito dos processos operativos dos sistemas de abastecimento de água; aumento da capacidade de desenvolvimento de projetos para redução de perdas de água e para eficiência energética; desenvolvimento da capacidade de mobilização e comunicação interna (para os funcionários) e externa (para a comunidade) visando dar sustentabilidade, governabilidade e perenidade aos programas implantados; e estímulo ao intercâmbio e replicação de experiências bem sucedidas.

A seleção se deu por chamada pública, e as empresas habilitadas para participar deveriam possuir entre 30.000 e 200.000 ligações de água, e receberiam consultorias em cinco temáticas distintas e integradas: (i) a mobilização e comunicação social; (ii) o combate e controle de perdas reais; (iii) o combate e controle a perdas aparentes; (iv) a gestão de energia nos sistemas de abastecimento e (v) o planejamento e gestão voltados para a redução de perdas de melhoria da eficiência energética.

A aplicação prática do projeto nas áreas de redução de perdas de água e eficiência energética se deu por meio de assistência técnica de consultores às equipes da Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA e Empresa Baiana de Água e Saneamento S.A. – EMBASA.

2.4.1.4 PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA – PROEESA

O projeto de cooperação em Eficiência Energética no Abastecimento de Água (ProEESA) foi pactuado entre a Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional e o Ministério Federal da Cooperação Econômica e do Desenvolvimento (BMZ) da Alemanha, sendo a parceria executada pela Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável - *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)*. A cooperação no âmbito deste projeto teve início em 2016 com o ProEESA fase 1. Em 2019, iniciou-se o ProEESA, fase 2, o qual tem prazo para conclusão prevista para junho de 2021. Dentre os objetivos do ProEESA, figuram:

- a) Facilitar o acesso às linhas de financiamentos ou instrumentos de fomento de projetos de eficiência energética para o setor de saneamento;
- b) Desenvolver ferramentas para avaliação de potenciais de eficiência energética;
- c) Incentivar iniciativas de eficiência energética em sistemas de abastecimento de água;
- d) Melhorar o uso e a qualidade de instrumentos para o desenvolvimento da eficiência energética nos sistemas de abastecimento de água;
- e) Desenvolver ferramentas para avaliação de potenciais de eficiência energética.

A cooperação atua em três níveis: no nível macro são apoiadas instituições com relevância nacional nas áreas de saneamento e energia, para que no médio e longo prazo haja uma melhoria nas condições do quadro. No nível meso, as instituições são apoiadas em ações que visam o levantamento, a padronização e a interpretação de dados, bem como a difusão de informação sobre eficiência energética. No nível micro, por meio de medidas demonstrativas, são apoiados o desenvolvimento e a implementação de planos de redução de perdas de água e energia num conjunto de prestadoras de serviço de âmbito municipal.

O principal método de atuação do PROEESA foram a criação de Redes de Aprendizagem em Gestão de Perdas de Água e Energia, que são fóruns de prestadores de serviços de saneamento - ou de unidades locais de prestadores regionais - que possuem o objetivo comum da melhoria da eficiência operacional de suas instituições. Durante o seu funcionamento (que costuma ser de 12 a 18 meses), os participantes são assistidos por especialistas externos em um ambiente que organiza e promove a troca horizontal de experiências, moderados por uma instituição facilitadora. A partir de cada encontro presencial da rede, uma série de atividades deve ser executada em campo pelos participantes, razão pela qual as capacitações devem aproximar-se o máximo possível de suas realidades operacionais.

Nas redes de aprendizagem ocorrem capacitações e apresentações de especialistas sobre os seguintes temas:

- Sistemas de avaliação, indicadores e metas na Gestão de Perdas de Água e Energia;
- Organização institucional como condição base para a eficiência;
- Balanço hídrico;
- Balanço energético;
- Gestão de parque de hidrômetros;
- Eficiência eletromecânica;

- Gestão de faturas - Eficiência tarifária e contratos de fornecimento;
- Projetos típicos de eficiência energética e operacional (Redução de perdas aparentes; Redução de perdas reais; Eficiência Energética e eletromecânica; Aprimoramento da gestão patrimonial; Uso racional da água).

As redes de aprendizagem geram um ou dois produtos finais para cada um dos municípios, prestadores ou unidades regionais participantes:

- Plano de Gestão de Perdas de Água e Energia – que pode subsidiar o Plano Municipal de Saneamento Básico;
- Projetos de eficiência energética - que podem ser executados diretamente ou por meio de financiamento externo (Programa de Eficiência Energética da ANEEL, por exemplo).

Estes documentos são elaborados pelos próprios técnicos dos prestadores de serviço ao longo de um período de cerca de um ano e são acompanhados por especialistas e pela entidade facilitadora. Em outros países onde se aplicaram as redes de aprendizagem (México, Portugal, Alemanha) observou-se que as entidades envolvidas reduziram seus custos de energia duas vezes mais rápido do que outras.

Além dos cursos presenciais das Redes de Aprendizagem, o PROEESA realiza cursos à distância, que foram elaborados para atingir um público mais extenso, visando familiarizar os gestores na temática de eficiência energética e aprofundar o conhecimento dos técnicos para aplicação direta. Os cursos estão sendo desenvolvidos em parceria com diversas entidades parceiras e disponibilizados por meio do portal CAPACIDADES do Ministério das Cidades.

2.4.1.5 O PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM DE BOMBAS

Os sistemas de bombeamento representam a maior parcela do consumo de energia elétrica, sendo responsáveis pelo transporte de água em diferentes etapas do processo, desde a captação até a distribuição final e também nos sistemas de esgotamento sanitário, desde a coleta até o descarte passando pelas etapas de tratamento. Portanto, a gestão energética em sistemas de saneamento está diretamente atrelada à eficiência dos conjuntos motobomba selecionados, instalados e operados. Nesse contexto, programas de etiquetagem de eficiência energética destes equipamentos são instrumentos de política pública essenciais para a promoção da eficiência energética, contribuindo na informação e capacitação dos consumidores e estimulando a concorrência entre fabricantes por produtos mais eficientes.

No Brasil, a Lei nº 10.295/2001, conhecida como Lei da Eficiência Energética, formalizou a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, estabelecendo a eficiência energética como uma diretriz estratégica para o desenvolvimento sustentável do país e instituiu o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética, responsável pela regulamentação de níveis mínimos de eficiência energética para equipamentos. O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo Inmetro, comemorou 40 anos de existência em 2024, consolidando-se como uma das mais longevas e bem-sucedidas políticas públicas do país no campo da eficiência energética, abrangendo hoje mais de 30 categorias de equipamentos, de refrigeradores a automóveis, e fornecendo um selo de confiança reconhecido pela sociedade.

O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) de Bombas e Motobombas teve início no ano de 2002 com a formação de um grupo de trabalho (GT-BOMBAS), que reunia representantes do Inmetro, universidades e fabricantes de bombas representados pela ABIMAQ (Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos). As atividades do grupo envolveram a elaboração do roteiro de ensaios, avaliação e adequação dos laboratórios. No ano de 2005 o programa foi lançado com adesão voluntária dos fabricantes, até que em 2010 a Portaria Inmetro nº 455/2010, tornou o programa compulsório. O escopo do programa era definido pela potência do motor elétrico acoplado, abrangendo bombas centrífugas trifásicas (monobloco e mancalizada) de 1 a 25 CV e monofásicas (monobloco) de 1 a 15 CV.

Um avanço regulatório significativo ocorreu com a Portaria Inmetro nº 319/2021, que modernizou o programa. A principal mudança ocorreu na definição do escopo, que abandonou o critério de potência e adotou parâmetros hidráulicos mais técnicos. Atualmente, o

regulamento aplica-se a bombas centrífugas (mancalizadas ou monobloco) que, em seu ponto de maior eficiência (BEP), possuem uma vazão (Q) entre 2 e 1000 m³/h e uma rotação específica (n_s) entre 6 e 80 min⁻¹. A portaria também tornou mais claras as exclusões, isentando explicitamente bombas submersas, submersíveis, autoaspirantes, injetoras e periféricas (regenerativas) dos requisitos.

O PBE-Bombas opera sob o mecanismo de Declaração do Fornecedor, no qual o fabricante ou importador assume a responsabilidade pela conformidade do produto. O processo exige a realização de ensaios de desempenho em laboratórios de terceira parte, acreditados pela Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro (Cgcre) segundo os requisitos da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025. Os ensaios devem seguir os procedimentos descritos na norma técnica *ABNT NBR ISO 9906:2019 - Bombas rotodinâmicas — Ensaios de desempenho hidráulico* para aceitação, especificamente para o grau de precisão 2B. Durante o ensaio, a bomba é instalada em uma bancada de testes que permite a medição precisa de vazão, pressão de sucção e de recalque, torque e rotação no eixo. A partir desses dados, determina-se a curva característica da bomba (Altura Manométrica x Vazão) e a curva de rendimento. O ponto de maior rendimento (BEP – *Best Efficiency Point*) é então identificado, sendo este o ponto de referência para a classificação.

A classificação de eficiência é definida pela comparação do rendimento da bomba no BEP com um rendimento de referência teórico, calculado pela equação de Stoffel e Lauer, que estima a eficiência máxima teoricamente atingível para uma bomba com base em sua rotação específica (n_s). As classes de eficiência (A, B, C, D, E) são definidas por faixas percentuais em relação a esse valor de referência, conforme detalhado na portaria. A ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia) classifica a eficiência de 'A' (mais eficiente) a 'E' (menos eficiente) e informa dados de desempenho, como ilustra a Figura 2.5. O Selo Procel destaca os produtos com os melhores níveis de eficiência, estabelecendo critérios ainda mais rigorosos que a classe 'A' da ENCE. A adesão ao selo é voluntária e é concedida pela atual gestora do Procel, a ENBPar (Empresa Brasileira de Participações em Energia Nuclear e Binacional S.A),



Figura 2.5 - Etiqueta de eficiência energética (bomba centrífuga) e Selo Procel

2.4.1.5.1 ANÁLISE DE RESULTADOS DO PBE-BOMBAS

A análise dos dados públicos do Inmetro revela que, até o início de 2025, o programa contava com aproximadamente 35 fabricantes e mais de 1.800 modelos distintos de bombas e motobombas com registro ativo, demonstrando uma adesão consolidada no setor.

A Figura 2.6 ilustra a evolução dos registros, mostrando uma forte adesão inicial entre 2012 e 2014. A partir de 2015, observa-se uma queda acentuada. Embora uma análise longitudinal detalhada da evasão de fabricantes seja complexa sem acesso aos dados brutos históricos, a queda nos registros sugere uma dinâmica de mercado onde, após a adequação inicial, os custos de conformidade e a falta de um reescalonamento das classes de eficiência diminuíram o incentivo para o registro contínuo de novos modelos ou a renovação de produtos de menor volume de vendas.

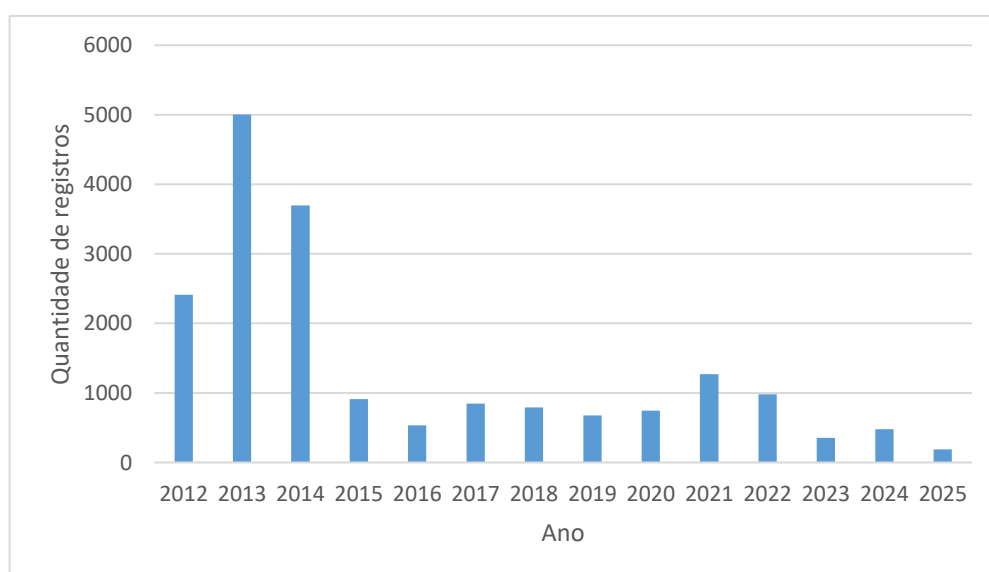


Figura 2.6 - Evolução do número de registros anuais de conjuntos motobomba no PBE

A Tabela 2.3 demonstra o sucesso do programa em transformar o perfil do mercado. As classes A e B somam 50,12% dos modelos registrados, evidenciando que o PBE envolveu a adesão dos equipamentos mais eficientes. Contudo, a existência de 20,84% dos produtos na classe 'E' e 11,74% na classe 'D' revela uma falha estrutural: a ausência de um mecanismo de Padrões Mínimos de Desempenho (MEPS) permite que produtos de baixa eficiência continue sendo comercializados, limitando o potencial de economia de energia do programa.

Tabela 2.3 Distribuição da classificação da eficiência de bombas e motobombas registradas no PBE.

Categoria	Percentual (%)
A	33,78%
B	16,34%
C	17,31%
D	11,74%
E	20,84%

2.4.1.5.2 ANÁLISE COMPARATIVA COM PROGRAMAS INTERNACIONAIS

A União Europeia, através do Regulamento (UE) nº 547/2012, implementado sob a Diretiva Ecodesign, apresenta uma abordagem diferente do PBE brasileiro. O modelo europeu não é apenas informativo; ele é um Padrão Mínimo de Desempenho Energético (MEPS). Isso significa que produtos que não atendem a um limiar mínimo de eficiência são simplesmente proibidos de serem comercializados no mercado comum europeu. O escopo da regulamentação europeia é bem definido, cobrindo bombas rotodinâmicas para água limpa dos seguintes tipos: sucção axial com mancal próprio (ESOB), sucção axial monobloco (ESCC), sucção axial monobloco em linha (ESCCi), vertical multiestágio (MS-V) e submersível multiestágio (MSS).

A métrica central é o Índice de Eficiência Mínima (MEI). O MEI é um índice adimensional que qualifica a eficiência hidráulica da bomba. Seu cálculo é mais sofisticado que o do PBE, pois considera o desempenho da bomba em três pontos distintos da sua curva de operação: no Ponto de Melhor Eficiência (BEP), em Carga Parcial (PL) a 75% da vazão do BEP, e em Sobrecarga (OL) a 110% da vazão do BEP. O regulamento foi implementado em duas etapas: a partir de 2013, exigiu-se um MEI mínimo que posteriormente foi elevado, eliminando do mercado os modelos menos eficientes.

Adicionalmente, a UE mantém o EPREL (*European Product Registry for Energy Labelling*), um banco de dados público onde todos os fabricantes devem registrar seus produtos antes de comercializá-los. Isso garante total transparência e facilita a fiscalização do mercado pelas autoridades nacionais.

Os Estados Unidos, por meio de seu Departamento de Energia (DOE), implementaram em 2020 uma regulamentação igualmente baseada em MEPS. A métrica utilizada é o Índice de Energia da Bomba (PEI), e a regra de conformidade é que todos os produtos dentro do escopo devem ter um PEI mínimo para serem comercializados.

O PEI é definido como a razão entre o desempenho energético da bomba em teste (PER) e o desempenho de uma bomba de referência (PER_STD). A grande inovação da abordagem norte-americana é a criação de duas versões da métrica:

- PEI_CL (*Constant Load*): Para bombas de carga constante, com cálculo baseado numa média ponderada do consumo em pontos de carga de 75%, 100% e 110% do BEP.
- PEI_VL (*Variable Load*): Para bombas de carga variável, que são comercializadas como um sistema integrado com motor e controle de velocidade (VFD). O cálculo do PEI_VL utiliza uma média ponderada do consumo em pontos de carga de 25%, 50%, 75% e 100% do BEP.

Essa distinção incentiva ativamente os fabricantes a comercializarem e os projetistas a especificarem soluções de bombeamento inteligentes, que ajustam sua velocidade à demanda real, onde reside o maior potencial de economia de energia.

A China possui um programa de etiquetagem obrigatório abrangente, regido pela norma GB 19762 para bombas centrífugas de água doce. O sistema utiliza uma escala de 5 graus, onde o Grau 5 funciona como um MEPS para acesso ao mercado. O país atualiza continuamente seus padrões, com novas normas para bombas submersíveis e de calor.

Na Índia o Bureau de Eficiência Energética (BEE) administra o programa "*Standards & Labelling*" (S&L) desde 2006, que inclui "conjuntos de bombas" e utiliza uma etiqueta com classificação de 1 a 5 estrelas e possui caráter voluntário para algumas categorias, como bombas agrícolas, servindo como um importante guia de mercado.

A Tabela 2.4 sintetiza e compara os principais aspectos desses programas, evidenciando o avanço global em direção a modelos regulatórios mais eficazes e o relativo isolamento da abordagem puramente informativa adotada pelo Brasil.

Tabela 2.4 - Quadro Comparativo das Regulamentações de Eficiência para Bombas Hidráulicas.

País/Região	Órgão Regulador	Tipo de Regulamentação	Métrica Principal	Escopo Principal
Brasil	Inmetro	Etiquetagem Informativa Compulsória	Classes de Eficiência (A-E)	Bombas centrífugas para água
União Europeia	Comissão Europeia	Padrão Mínimo de Desempenho (MEPS)	Índice de Eficiência Mínima (MEI)	Bombas de água rotodinâmicas
EUA	Department of Energy (DOE)	Padrão Mínimo de Desempenho (MEPS)	Índice de Energia da Bomba (PEI)	Bombas de água limpa comerciais e industriais
China	Standardization Administration of China (SAC)	Padrão Mínimo de Desempenho (MEPS) e Etiquetagem	Classes de Eficiência (Graus 1-5)	Bombas centrífugas de água doce e outras
Índia	Bureau of Energy Efficiency (BEE)	Etiquetagem (Mandatória/Voluntária)	Classificação por Estrelas (1-5)	Conjuntos de bombas (incluindo agrícolas)

2.5 Sistemas de Gestão de Energia e A ISO 50001

A gestão de energia pode ser definida como o conjunto de atividades sistemáticas para promover o uso racional e eficiente de energia. O termo gestão traz um contraponto com relação às ações de eficiência energética usualmente implementadas pelas organizações, que se baseia em ações pontuais e a realização de auditorias energéticas esporádicas. A gestão energética propõe um acompanhamento sistemático de indicadores e das variáveis que impactam o consumo e o uso de energia, enquanto as ações de uma auditoria energética fazem um acompanhamento localizado, sem uma abordagem do contexto geral da organização. A Figura 2.7 ilustra a comparação de resultados obtidos pelas três abordagens ao longo do tempo. A linha vermelha, exemplifica que se nenhuma ação de efficientização for realizada, o desempenho energético da instalação somente piora ao longo do tempo. A curva amarela se refere a aplicação de auditorias energéticas esporádicas e ações pontuais. Observa-se que esta ação traz benefícios com sua implementação, porém estes benefícios perdem sua efetividade após alguns anos. Os Sistemas de Gestão de Energia, por sua vez proporcionam benefícios na implementação e estes

benefícios vão aumentando ao longo dos anos, uma vez que a melhoria contínua é um objetivo desta abordagem.

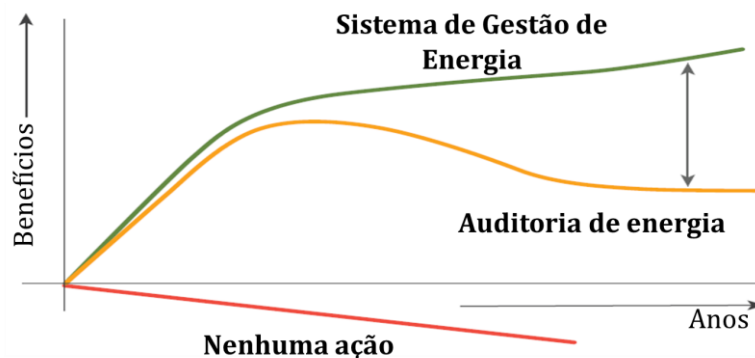


Figura 2.7 Comparação entre benefícios ao longo do tempo entre uso de auditorias e sistema de gestão de energia

Fonte: Adaptado de (NSW Government, 2019)

A ISO 50001 foi desenvolvida pelo *ISO Technical Committee (TC) 242 – Energy Management*. No Brasil, o Comitê Brasileiro de Gestão e Economia de Energia (CB 116), pertencente à estrutura organizacional da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Com o objetivo de facilitar o entendimento e dar suporte à aplicação da ISO 50001, outras normas foram elaboradas focadas em aspectos específicos dos sistemas de gestão de energia (SGE). No Brasil, encontram-se publicadas 5 normas técnicas complementares à ABNT NBR ISO 50001, informalmente chamadas de “família de normas ISO 50000”:

- ABNT NBR ISO 50002:2014 – Diagnósticos energéticos – Requisitos com orientação para uso;
- ABNT NBR ISO 50003 – Sistemas de gestão de energia – Requisitos para organismos de auditoria e certificação de sistemas de gestão de energia;
- ABNT NBR ISO 50004 – Sistemas de gestão de energia – Guia para implementação, manutenção e melhoria de um sistema de gestão de energia;
- ABNT NBR ISO 50006 – Sistema de gestão de energia – Medição do desempenho energético utilizando linhas de base energética (LBE) e indicadores de desempenho energético (IDE) – Princípios gerais e orientações;
- ABNT NBR ISO 50015 – Sistemas de gestão de energia – Medição e verificação do desempenho energético das organizações – Princípios gerais e orientações.

- ISO 50100 (Em elaboração) – Sistemas de gestão de energia no contexto da descarbonização



Figura 2.8 - Família de normas ISO 5000

Fonte: (Abrinstal, 2016)

A norma ABNT NBR ISO 50001 estabelece um arcabouço para que as organizações gerenciem sua energia de forma sistemática, utilizando o ciclo de melhoria contínua *Plan-Do-Check-Act* (PDCA). A implementação de um SGE conforme a ISO 50001 permite o acompanhamento contínuo dos aspectos relacionados ao consumo de energia, possibilitando a implementação e o monitoramento de ações de redução de consumo e aumento da eficiência energética ao longo do tempo. Estudos indicam que a implementação da norma pode levar a reduções significativas no consumo de energia e nos custos associados, com um período de retorno do investimento (payback) notavelmente curto em alguns casos.

Um estudo de caso realizado na Estação de Tratamento de Água de Zai, na Jordânia, demonstrou os impactos positivos da aplicação da ISO 50001. Após a implementação de medidas corretivas em unidades de bombeamento, como a manutenção de bombas, observou-se uma redução no consumo de energia elétrica e nos custos associados. Especificamente, a eficiência das unidades de bombeamento aumentou, em média, 7,65%. O período de retorno do capital investido no projeto de manutenção foi de apenas 23 dias, evidenciando a alta viabilidade econômica da iniciativa. A análise de regressão linear indicou uma correlação direta

entre o fluxo de água e o consumo elétrico, permitindo a criação de um modelo preditivo para o consumo de energia (ARABEYYAT; RAGHAB, 2024).

No contexto brasileiro, uma análise da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) de Arujá, operada pela Sabesp, revelou que a existência prévia de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) baseado na norma ABNT NBR ISO 14001 facilita significativamente a implementação de um SGE. Isso ocorre devido ao compartilhamento de requisitos organizacionais entre os diferentes sistemas de gestão. As principais lacunas identificadas na ETE Arujá para a adequação à ISO 50001 estavam relacionadas a temas especificamente energéticos, como a ausência de uma política energética formalmente estabelecida e a falta de um planejamento energético estruturado. A análise de "gap" indicou um baixo nível de atendimento aos requisitos de "Responsabilidades da gestão" e "Política energética", mas um nível mais elevado em áreas como "Verificação" e "Análise crítica pela direção", que se beneficiam da estrutura do SGA já existente (FOSSA et al., 2018).

3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta o delineamento metodológico, os procedimentos e a arquitetura lógica que estruturam esta dissertação. O objetivo central do trabalho é analisar e propor estratégias para a implementação de Sistemas de Gestão de Energia (SGE) no setor de saneamento, utilizando a norma ABNT NBR ISO 50001 como referência e considerando os profundos impactos regulatórios do Novo Marco Legal do Saneamento.

Para alcançar este objetivo, foi necessário construir uma ponte entre três domínios distintos: (1) eficiência energética e normas técnicas de gestão; (2) o novo arcabouço legal e regulatório do setor; e (3) o panorama técnico-econômico e operacional do saneamento no Brasil. A metodologia, portanto, foi desenhada para permitir uma análise integrada e sintética desses domínios, culminando na proposição de diretrizes estratégicas.

3.1 Natureza e abordagem da pesquisa

Para atender aos objetivos propostos, esta dissertação adota um delineamento de pesquisa de natureza qualitativa. A abordagem qualitativa é justificada pela necessidade de analisar e interpretar profundamente textos, conceitos e contextos como legislações, normas técnicas e relatórios setoriais buscando identificar sinergias, barreiras e oportunidades.

Quanto aos seus fins, esta pesquisa classifica-se como exploratória e descritiva. É exploratória ao investigar a interseção de três áreas: a gestão energética de acordo com a norma ABNT NBR ISO 50001, o novo cenário legal e regulatório configurado pelo Marco Legal do Saneamento, e as operações dos sistemas de saneamento. É descritiva ao caracterizar o ecossistema onde o problema se insere. Isso envolveu a caracterização:

- Do contexto técnico econômico, abordando o perfil de consumo energético do setor e o impacto da energia nas operações de saneamento.
- Do contexto regulatório: as novas obrigações contratuais de eficiência, as metas de universalização e o papel central da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).
- Do arcabouço normativo: os requisitos e a filosofia da gestão da ANBT NBR ISO 50001 como ferramenta de solução.

Quanto aos meios de investigação, a pesquisa é fundamentalmente bibliográfica e documental. A base de conhecimento foi construída a partir da análise de fontes secundárias, incluindo:

- Artigos científicos e publicações técnicas sobre gestão de energia e saneamento;
- Normas técnicas nacionais e internacionais, com foco na família de normas ABNT NBR ISO 50000;
- Legislação e documentos regulatórios, com destaque para a Lei nº 14.026/2020 e a Lei nº 11.445/2007;
- Bancos de dados públicos e relatórios setoriais, como diagnósticos do Sistema Nacional de Informações do Saneamento (SNIS), Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), Balanço Energético Nacional (BEN).

3.2 Procedimentos Metodológicos

O desenvolvimento da pesquisa foi organizado em quatro etapas sequenciais e interligadas, que garantiram a construção lógica da argumentação, partindo do contexto geral para a proposição específica, conforme detalhado a seguir:

Etapas 1: Levantamento e Análise do Contexto Setorial e Regulatório

Na primeira etapa, fundamentada no Capítulo 2, foi realizado um levantamento aprofundado para caracterizar o “problema” e o “ambiente” da pesquisa. O processo envolveu duas frentes de análise documental:

1. Quantificação do problema: com a análise de fontes documentais consolidadas, como os relatórios anuais do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) e o Balanço Energético Nacional (BEN). O foco foi identificar a estrutura de governança do setor, o perfil dos prestadores de serviço e, principalmente, quantificar e analisar a evolução do consumo e das despesas com energia elétrica.
2. Identificação do vetor de mudança: onde foi realizada uma análise da Lei nº 14.026/2020 (Novo Marco Legal do Saneamento) e de legislações correlatas, como a Lei nº 11.445/2007, para compreender as novas obrigações contratuais e regulatórias relacionadas à eficiência energética. Mapeou-se a nova exigência de metas de eficiência nos contratos e o papel da ANA em editar normas de referência. Esta etapa definiu a pressão externa (legal e contratual) que torna a gestão de energia indispensável aos prestadores de serviço.

Etapas 2: Análise da Norma Técnica de Referência

Uma vez estabelecido o “porquê” (a pressão legal e o impacto financeiro), a segunda etapa (fundamentada no Capítulo 4) focou em “como” estruturar uma resposta: um estudo detalhado do principal instrumento de gestão disponível que é a norma ABNT NBR ISO 50001:2018 - Sistemas de Gestão da Energia. Este procedimento envolveu a dissecação de seus requisitos e aplicabilidade no setor de saneamento:

- A análise do Planejamento (*Plan*) focou na Revisão Energética, Usos Significativos de Energia (USE), Indicadores de Desempenho Energético (IDE) e Linha de Base Energética (LBE).
- A análise da implementação (*Do*) focou no Controle Operacional, Projeto e Aquisição, elementos críticos para um setor dependente de ativos como os sistemas de bombeamento.
- A análise da Verificação (*Check*) detalhou o Monitoramento e Medição e Verificação, destacando a importância de comprovar os resultados.
- A análise da Ação (*Act*) destacou a Análise Crítica pela Direção, vinculando o SGE à tomada de decisão estratégica.

Etapas 3: Estudo de Instrumentos e Políticas Públicas Aplicadas

Com o contexto e a norma de referência estabelecidos, a pesquisa investigou instrumentos e políticas específicas que influenciam a gestão energética no saneamento. Foi conduzida uma análise dedicada aos principais mecanismos de promoção da eficiência energética no setor de saneamento, com destaque para o Programa de Eficiência Energética (PEE) da ANEEL e programas históricos como o Procel Sanear e o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) de Bombas, examinando seu histórico, escopo e resultados, e realizando uma análise comparativa com programas internacionais para identificar suas potencialidades e limitações.

Etapas 4: Síntese Analítica e Proposição de Diretrizes

A etapa final (Capítulo 5 e Conclusão) constitui a principal contribuição original da dissertação: a *síntese* de todo o conhecimento construído. Este processo analítico-propositivo foi realizado através de um cruzamento sistemático das etapas anteriores:

1. **Articulação (Legal + Normativa):** Demonstrou-se como as obrigações do Novo Marco Legal (Etapa 1) como a melhoria contínua de indicadores operacionais e as submissões

de informações para o SINISA requerem uma metodologia sistemática de acompanhamento, controle e gerenciamento de grandezas como o consumo de energia. Desta forma a norma ABNT NBR ISO 50001 surge como ferramenta ideal para atender a regulamentação e promover a melhoria contínua.

2. **Articulação (Técnica + Política):** Propuseram-se ações concretas (Etapa 4) para superar as *barreiras* identificadas (Etapa 3), como a modernização do PBE-Bombas e a disseminação das informações de eficiência de conjuntos motobombas.
3. **Articulação (Financeira + Negócios):** Demonstrou-se como os mecanismos de fomento (Etapa 3) e a pressão regulatória (Etapa 1) criam um ambiente de mercado fértil para *novos modelos de negócio*, como os Contratos de Desempenho (EPCs), viabilizando a implementação das soluções técnicas (Etapa 2).

Este delineamento metodológico, partindo da análise documental do contexto, passando pelo estudo da ferramenta de gestão e pela avaliação dos instrumentos de política, permitiu a construção de um conjunto de diretrizes estratégicas fundamentadas e aplicáveis à nova realidade do saneamento no Brasil.

4 ANÁLISE DA NORMA ISO 50001 APLICADA AO SETOR DE SANEAMENTO

A norma traz o conceito de desempenho energético, que é definido como resultado mensurável relacionado ao uso de energia, consumo de energia e eficiência energética.

O uso de energia está relacionado à atividade fim (uso final) de energia. Por exemplo no setor de saneamento um dos principais usos é o bombeamento de água.

O consumo de energia é a quantidade de energia aplicada, expressa em unidades como o kWh e que pode ser medidas diretamente ou calculados ao longo de um período de tempo.

A eficiência energética é a razão entre uma saída de desempenho, serviços, produtos ou energia e uma entrada de energia. Tomando o exemplo em bombeamento, a eficiência energética é o rendimento do conjunto, que é a razão entre a energia hidráulica de saída da bomba e a energia elétrica de entrada no motor. A Figura 4.1 ilustra a relação entre estes conceitos.



Figura 4.1 - Conceito e definição de desempenho energético

Fonte: (Procobre, 2016)

De acordo com (Procobre, 2016), a norma ISO 50001 tem por objetivos:

- Dar suporte às organizações para que estabeleçam usos e consumos mais adequados de energia;

- Criar uma comunicação fácil e transparente a respeito da gestão sobre recursos energéticos;
- Promover as melhores práticas de gestão energética e reforçar os ganhos com a aplicação da gestão da energia;
- Suportar a avaliação e priorização de implantação de novas tecnologias mais eficientes no uso da energia;
- Estabelecer um cenário para promoção da eficiência energética através da cadeia de suprimento;
- Favorecer a melhoria da gestão da energia em conjunto a projetos de redução de gases de efeito estufa;
- Permitir a integração com outros sistemas de gestão organizacionais tais como ambiental e de saúde e segurança.

A estrutura do Sistema de Gestão da Energia (SGE) de acordo com a norma ISO 50001 se baseia no ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), apresentado na Figura 4.2. Esta estrutura é comum a outros sistemas de gestão, como a ISO90001 e a ISO140001, que podem ser implementados de forma integrada.

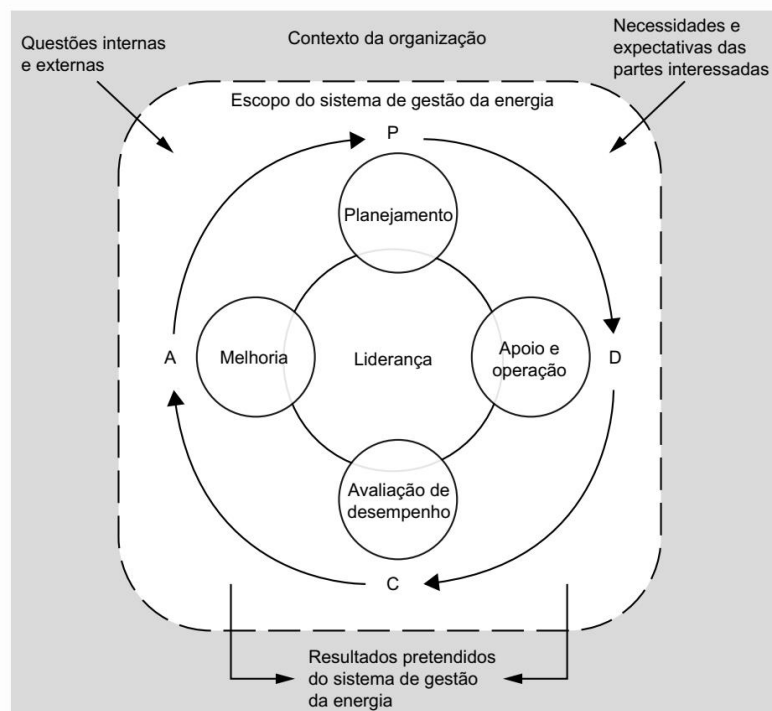


Figura 4.2 - Ciclo PDCA previsto pela ISO 50001

Fonte: (ABNT, 2018)

4.1 Contexto da organização

A primeira etapa da implementação de um Sistema de Gestão de Energia (SGE) alinhado à ISO 50001 é a análise do contexto da organização, que envolve as interfaces e expectativas com outras partes interessadas, definições de escopo e fronteiras, formação de equipe de gestão energética (lideranças e responsabilidades). De acordo com (Abrinstal, 2016), “definir o contexto da organização envolve o mapeamento das questões, internas ou externas, que, por serem relevantes no âmbito da gestão de energia, podem afetar, negativa ou positivamente, os resultados esperados do SGE”.

As questões internas estão ligadas a estrutura organizacional do prestador de serviço, missão e visão da empresa, situação financeira da empresa, hierarquia e cultura. Conforme apresentado no Capítulo 2, os prestadores de serviço do setor de saneamento se diferenciam tanto pela abrangência como também pela natureza jurídica. Assim, o contexto das empresas públicas tem características diferentes de empresas privadas, assim como empresas com abrangência regional envolvem aspectos diversos das empresas municipais.

O ponto de vista externo está relacionado a requisitos legais, regulatórios, econômicos, políticos, ambientais, entre outros. Como exemplo de fatores externos nas empresas de saneamento pode-se citar a regulação do setor e suas normas de referência, especialmente diante das exigências estabelecidas pelo novo marco legal.

4.1.1 ESCOPO E FRONTEIRAS

O SGE deve estabelecer um escopo e fronteiras bem definidos. As análises realizadas na etapa de revisão energética podem fornecer subsídios para a definição do escopo e fronteiras, buscando atender aos requisitos da norma da maneira mais simples possível. Diante disso pode ser interessante que as empresas implementem o SGE inicialmente em unidades consumidoras mais simples, com usos significativos de energia (USE) bem definidos e que possuam medidores dos principais parâmetros, como por exemplo uma estação elevatória. Se por um lado as unidades consumidoras (UCs) de energia possuem maior potencial de redução de custos, por outro lado podem envolver diferentes USE, e com isso se torna mais complexo monitorar o desempenho de diferentes atividades, exigindo mais esforços e recursos e equipamentos para submedição. É o caso por exemplo de Estações de Tratamento de Água (ETAs), que possuem na mesma unidade consumidora operações de tratamento e também de distribuição por estações elevatórias de água tratada (EEAT). A definição do escopo e fronteiras deve avaliar também a disponibilidade de informações e equipamentos de medição.

Com o tempo, o escopo e as fronteiras podem mudar devido à melhoria do desempenho energético, mudança organizacional ou outras circunstâncias, e convém que o SGE seja revisto e atualizado conforme necessário para refletir as mudanças.

A documentação do escopo e das fronteiras do SGE pode ser feita através de uma simples lista ou um mapa ou um desenho simples (croquis) indicando o que está incluído. A Tabela 4.1 apresenta itens que podem ser considerados na definição do escopo e fronteira do SGE.

Tabela 4.1 – Itens a considerar na definição de escopo e fronteiras

Escopo	— Quais instalações estão incluídas
	— Quais operações e atividades estão incluídas?
	— Quem é a alta direção dentro do escopo e fronteiras definidos?
Fronteiras	— Quais partes da instalação estão incluídas?
	— Todos os edifícios e processos estão incluídos?
	— Outras instalações estão incluídas?
	— Quais partes da instalação ou locais não estão incluídas?

Fonte: Adaptado de ABNT NBR ISO 50004 (ABNT, 2016a)

4.1.2 LIDERANÇA

O comprometimento contínuo da alta direção é um fator essencial para o sucesso continuado do SGE. Convém que a alta direção entenda que um requisito fundamental para demonstrar seu comprometimento é a alocação contínua de recursos - o que inclui pessoas para implementar, manter e aprimorar o SGE e o desempenho energético ao longo do tempo.

O comprometimento da alta direção e da empresa com o SGE deve ser evidenciado formalmente com a elaboração e divulgação de uma política energética. A política energética deve estar alinhada à missão e visão da empresa, e pode ser integrado a outras políticas organizacionais existentes, por exemplo ambiental, sustentabilidade, saúde e segurança, qualidade.

A organização deve definir uma equipe de gestão de energia com representante de diferentes áreas que podem impactar o desempenho energético. A equipe deve ser adequada ao tamanho e complexidade da organização, mas uma boa prática é ter uma equipe de gestão de energia multifuncional. No setor de saneamento naturalmente o pessoal de manutenção e engenharia deve estar envolvido, mas pode envolver também pessoal de operação, financeiro, compras, qualidade e um representante da alta direção. Os membros da equipe podem mudar

ao longo do tempo e convém que seus postos sejam baseados em funções definidas, em vez de pessoas nomeadas.

A abordagem de equipe aproveita a diversidade das habilidades e conhecimentos individuais, e pode envolver capacitação e treinamentos específicos a fim de explorar os diversos aspectos relacionados ao desempenho energético das instalações e as oportunidades de melhoria.

4.2 Planejamento energético

A etapa de planejamento pode ser considerada a mais importante da implementação de um SGE. É nesta fase que são detalhados os processos consumidores de energia, históricos, oportunidades. As informações obtidas nesta etapa permitirão definir as ações e as linhas de base e indicadores de desempenho para a verificação e melhoria contínua do SGE.

4.2.1 OBJETIVOS E METAS ENERGÉTICAS E PLANOS PARA ALCANÇÁ-LOS

O estabelecimento de objetivos e metas fornece os meios de transformar a política energética em ação. Isso garante que a organização tenha critérios definidos para melhorar o desempenho energético. Os objetivos e metas fornecem a direção para as iniciativas de melhoria do desempenho energético, incluindo a alocação de recursos. Os objetivos e metas energéticos podem ser usados para melhorar qualquer faceta do desempenho energético da organização, consistentes com os compromissos da política energética.

A análise de dados e outras saídas de informações a partir da revisão energética são utilizadas para desenvolver os objetivos e metas energéticos. Os objetivos e metas energéticos geralmente são utilizados para, entre outros, melhorar o desempenho dos USE e buscar as oportunidades priorizadas que foram desenvolvidas como parte da revisão energética.

Assim como os USE e as oportunidades são levados em consideração no estabelecimento e revisão dos objetivos e metas, há outros itens que precisam ser considerados. Estes itens têm o objetivo de refletir as realidades das situações, condições e o ambiente sob os quais uma organização opera (por exemplo: planos de gestão, planos de manutenção e cronogramas de paralisação e reforma). As metas são específicas, mensuráveis, alcançáveis, relevantes e baseadas em tempo. Como as metas possuem resultados mensuráveis, convém que elas contem com um número suficiente de planos de ação específicos associados a elas para se atingir os resultados planejados. As metas são geralmente expressas em termos de percentual

de melhoria do desempenho energético, melhoria no consumo de energia ou outro IDE. As metas de energia são geralmente associadas aos equipamentos, sistemas ou processos específicos.

4.2.1.1 PLANOS DE AÇÃO PARA A GESTÃO DA ENERGIA

Objetivos e metas de melhoria de desempenho energético somente podem ser alcançados se pessoas e recursos são fornecidos, para permitir que os planos de ação sejam eficazes. Convém que os objetivos, metas e planos de ação sejam apresentados para aprovação pela alta direção por meio do representante da direção, com o apoio da equipe de gerenciamento de energia ou outros, como apropriado.

Convém que um plano de ação de gestão da energia eficaz inclua, mas não seja limitado, ao seguinte:

- a) alocação de responsabilidade das tarefas do plano de ação para gestão da energia;
- b) estabelecimento de objetivos e metas abordados no plano de ação;
- c) resumo das ações para atender aos objetivos e metas;
 - 1) medidas que serão tomadas para monitorar o desempenho energético;
 - 2) mudanças necessárias para a competência, treinamento e conscientização;
 - 3) mudanças necessárias para controles operacionais e comunicação;
- d) alocação de recursos (humanos, técnicos e financeiros) para a implementação do plano de ação;
- e) métodos para verificar a melhoria do desempenho energético alcançado por meio da execução do plano de ação para uma oportunidade de melhoria energética;
- f) métodos para verificar a efetividade do plano de ação para todas as atividades no plano de ação (ou seja, todas as atividades do plano de ação e se funcionaram);
- g) cronograma para as ações planejadas;
- h) agenda para a revisão e atualização do plano

4.2.2 REVISÃO ENERGÉTICA

A revisão energética é a parte principal do processo de planejamento energético, pois vai definir as bases para demais atividades desta etapa, como ilustra a Figura 4.3.

A qualidade da revisão energética depende diretamente da disponibilidade, qualidade e análise dos dados coletados. O ponto de partida, portanto, é avaliar quais dados estão

disponíveis, por exemplo: contratos e histórico de faturas de energia, dados nominais de equipamentos e históricos de manutenção, históricos de produção (volumes), projetos e estudos de engenharia.



Figura 4.3 - Fluxo de atividades associados a revisão energética

4.2.2.1 ANÁLISE DO USO E CONSUMO DE ENERGIA

O sistema de gestão de energia se aplica a qualquer tipo de energia, não só elétrica, mas também combustível ou gás, por exemplo. Nos sistemas de abastecimento de água a principal fonte de energia é a eletricidade fornecida pelas distribuidoras locais. Os grupos geradores movidos a óleo combustível também são utilizados em pelo menos três situações: interrupções temporárias no fornecimento pela distribuidora de energia local, no horário de ponta ou locais isolados não atendidos por rede elétrica.

A autoprodução de energia pelas empresas de saneamento tem aumentado e a tendência é de crescer ainda mais, pela instalação de sistemas fotovoltaicos como também pelo aproveitamento do biogás ou potencial hidrelétrico existente nas redes de abastecimento de água. A expansão destes sistemas se dá principalmente no contexto da geração distribuída conectada às redes de distribuição de energia, e também no atendimento de áreas isoladas do sistema elétrico interligado. É o caso, por exemplo de captação de água em poços com bombas energizadas com sistemas de geração fotovoltaicos.

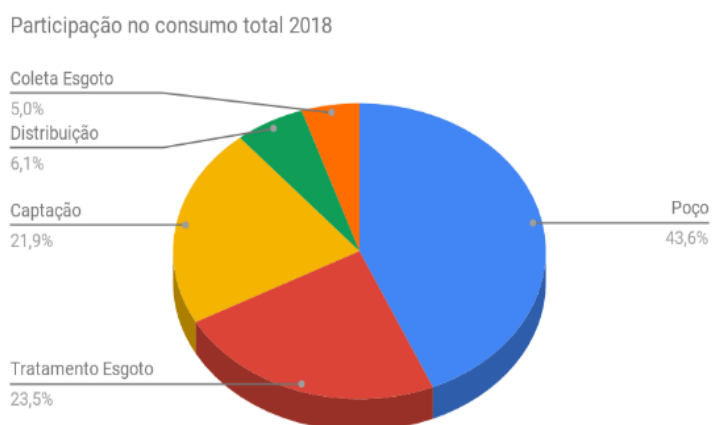
O levantamento dos fluxos de energia nas instalações identifica as fontes e aplicações da energia. Os usos finais com maior representatividade ou maior potencial de melhoria são identificados como “Usos Significativos de Energia” (USE).

No abastecimento de água o principal USE é o bombeamento, aplicado no transporte de água bruta da captação ao tratamento e na distribuição de água tratada. A captação de água pode ser realizada em um manancial superficial, através das estações elevatórias de água bruta, ou mananciais subterrâneos, através de poços profundos e bombas submersas.

No esgotamento sanitário o uso mais representativo está nos aeradores das estações de tratamento e no bombeamento para transporte de esgoto.

O consumo de energia envolve uma abordagem quantitativa do uso da energia, ou seja, depende de medidores ou cálculos estimativos. Assim, a principal fonte de informação do consumo de energia são os medidores de energia das concessionárias e equipamentos de submedição quando existentes nas instalações.

A análise para identificar os USE de energia e os consumos pode partir do levantamento das faturas de energia por um período representativo das variações de consumo e sazonalidade dos sistemas. As unidades consumidoras (UC) podem ser classificadas de acordo com sua atividade, e dados de consumo e custo da energia permitem identificar as unidades e atividades mais representativas da operação. A análise do uso e consumo pode envolver gráficos, tabelas, planilhas, como exemplificado nos gráficos da Figura 4.4. O gráfico de pizza ilustra a participação das diferentes atividades no consumo total de energia da operação do exemplo. O gráfico de colunas apresenta o consumo mensal de energia ao longo do ano, permitindo analisar sazonalidades e períodos de maior consumo de energia de uma determinada unidade consumidora.



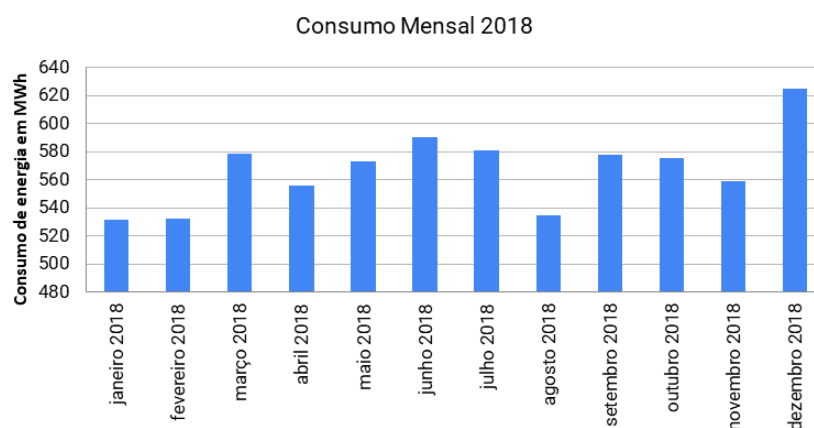
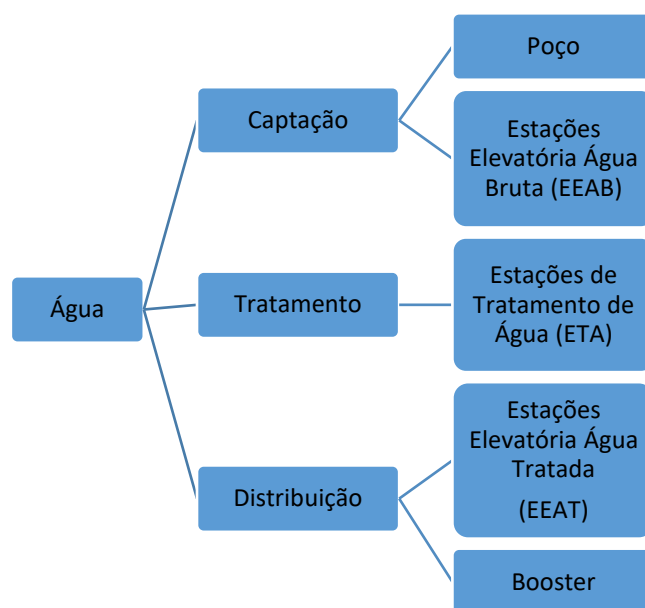


Figura 4.4 - Exemplos de gráficos para análise de uso e consumo de energia
Fonte: Autoria própria

O diagrama da Figura 4.5 faz um levantamento das diferentes atividades de unidades consumidoras de energia existentes no setor de saneamento. Esta distinção permite identificar perfis de uso e consumo de energia semelhantes, além de permitir a comparação e oportunidades de efficientização semelhantes.



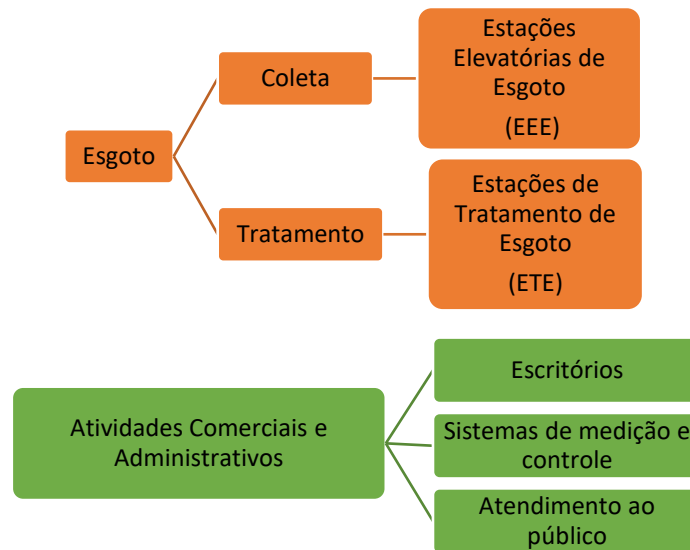


Figura 4.5 - Classificação das atividades das unidades consumidoras
Fonte: Autoria própria

Esta análise é útil para que a organização tenha uma visão holística do uso e consumo de energia da organização, permitindo definir o escopo e fronteiras do SGE, que pode inicialmente envolver um número limitado de unidades consumidoras e USE, facilitando sua implementação. Com o amadurecimento do SGE ao longo do tempo outras unidades e USE podem ser adicionadas.

4.2.2.2 IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

De acordo com a norma ABNT NBR ISO 50002, diagnóstico energético é uma análise sistemática do uso de energia e do consumo de energia dentro do escopo definido, a fim de identificar, quantificar e relatar as oportunidades para um melhor desempenho energético.

De acordo com (Gomes et al., 2009), o diagnóstico energético de sistemas de saneamento deve envolver, além de medições de grandezas elétricas e hidráulicas relevantes, outras etapas como:

- Levantamento do diagrama simplificado eletro-hidráulico do sistema.
- Levantamento das contas de energia das unidades consumidoras e análise tarifária.
- Levantamento do diagrama unifilar elétrico das unidades consumidoras.
- Levantamento do cadastro dos equipamentos das unidades consumidoras, incluindo as características técnicas das adutoras e acessórios e o perfil topográfico.
- Levantamento dos equipamentos de medição elétrica e hidráulica.

- Levantamento dos recursos auxiliares de gestão existentes: cadastro técnico e comercial georreferenciado; centro de controle operacional para monitoramento online das grandezas telemedidas e comando remoto das unidades; modelagem computacional da rede hidráulica.
- Levantamento dos procedimentos de operação e manutenção, tais como: controle de pressões, pesquisa de vazamentos, registro dos volumes bombeados, despacho das máquinas etc.
- Verificação no campo dos dados levantados por inspeção da documentação.
- Medições no campo para confirmação de valores registrados ou determinação de dados faltantes, particularmente os relativos ao desempenho dos conjuntos motobomba.
- Cálculos e simulações para estabelecimento de alternativas de intervenções.
- Estimativa de custo inicial das alternativas analisadas.
- Análise de viabilidade econômico-financeira das alternativas.

As oportunidades de eficiência energética no setor de saneamento podem ser agrupadas de acordo com o resultado esperado para redução do consumo:

- **Melhoria de rendimento de equipamentos**

O rendimento dos equipamentos consumidores de energia pode ser melhorado pela substituição (retrofit) ou reparo, como por exemplo motores e bombas nas estações elevatórias e aeradores nas estações de tratamento

- **Medidas de redução de custos de energia**

Podem envolver aspectos de fornecimento de energia, como a migração para o mercado livre como também ações de revisão tarifária, pela substituição de modalidade tarifária (verde, azul, convencional ou branca) e contratação de demanda. Este grupo pode envolver ainda medidas de eliminação de custos adicionais, como a correção de fator de potência.

- **Redução de carga do motor com o uso de inversores de frequência**

A implantação de inversores de frequência permite operação automatizada com o monitoramento da pressão/vazão na rede, ou com controle manual, onde a operação do sistema de abastecimento de água define a vazão/pressão de trabalho e o ajuste do motor/inversor é feito manualmente pelos operadores da estação de bombeamento.

- **Redução de altura manométrica**

Nos sistemas de bombeamento, a redução da altura manométrica reduz a potência hidráulica exigida dos conjuntos motobombas, reduzindo a potência demandada pelos motores. Nestes grupos de ações estão inseridas a limpeza de tubulações, substituição ou reabilitação da rede hidráulica, alteração dos layouts de instalações hidráulicas.

- **Redução do consumo e de perdas de água,**

consideradas medidas indiretas de economia de energia, têm como objetivo reduzir o volume de água distribuído e com isso reduzem também o consumo de energia associado a captação, tratamento e distribuição de água. São ações de redução de vazamentos, seja pela reabilitação da rede hidráulica ou pela redução do tempo dos vazamentos em reparos, redução de pressão na rede, que também reduz vazamentos, campanhas de sensibilização para a redução do desperdício de água.

- **Redução da demanda/consumo no horário de ponta**

Pode ser obtida pelo planejamento da operação evitando ou reduzindo a utilização de equipamentos no horário de ponta. Esta ação está relacionada à capacidade de reservação de água, para que os conjuntos motobomba possam ser desligados sem comprometer o abastecimento de água. O consumo relacionado à lavagem de filtros em estações de tratamento de água ou a aeração no tratamento de esgoto também pode ser reduzido neste período.

- **Autoprodução de energia**

A instalação de sistemas de geração de energia tem sido cada vez mais utilizado também no setor de saneamento, seja por sistemas fotovoltaicos, microcentrais hidrelétricas ou no aproveitamento do biogás nas estações de tratamento de esgoto.

4.2.2.3 PRIORIZAÇÃO DE OPORTUNIDADES

Após a avaliação das oportunidades identificadas, a organização prioriza suas oportunidades de melhoria de desempenho energético com base em seus próprios critérios e mantém e atualiza as informações em um formato selecionado por ela. Entre os critérios que podem ser utilizados pode-se citar:

- estimativas de economia de energia;
- retorno sobre o investimento ou outros critérios de investimento organizacionais (capital ou operacional);
- outros impactos ou prioridades do negócio;
- custo estimado de implementação;

- facilidade de implementação;
- impactos ambientais melhorados;
- nível percebido de risco, incluindo risco tecnológico;
- disponibilidade de financiamento (interno ou externo);
- impacto e valor de benefícios adicionais (por exemplo, redução de manutenção, redução de perdas de água, melhoria na segurança operacional).

Convém que as organizações analisem a lista de oportunidades priorizadas para determinar quais oportunidades podem ser implementadas ou receber uma investigação detalhada. Além da identificação de oportunidades, a gestão energética oferece uma visão de mapeamento de oportunidades. Assim, as razões para a não implementação das oportunidades deve ser registradas para eventual reavaliação.

4.2.3 INDICADORES DE DESEMPENHO ENERGÉTICO (IDE)

Com base nas oportunidades e ações de melhoria do desempenho energético identificadas na revisão energética, devem ser definidos indicadores de desempenho energético (IDE), que estão relacionados à eficiência energética, ao uso e consumo de energia. Os IDEs são métricas quantificáveis, usados para compreender e monitorar o desempenho energético.

Os IDE e suas linhas de base energéticas correspondentes são métricas definidas pela organização para medir o desempenho energético. Um IDE pode estar em nível de uma instalação, sistema, processo ou equipamento e convém que tenha uma linha de base apropriada ao mesmo nível para fins comparativos. Tipos e exemplos de IDE incluem o seguinte:

- consumo de energia (total ou discriminado por uso de energia)
- relação simples, como o consumo de energia pelo volume (kWh/m³)
- modelo estatístico (por exemplo: regressão linear e não linear);
- modelo baseado em engenharia (por exemplo: simulação).

O(s) IDE são normalmente estabelecidos em níveis operacionais e gerenciais. IDE de nível gerencial IDE geralmente serão relacionados ao nível das instalações, tais como o controle total dos USE e padrões no desempenho energético organizacional. O IDE de nível operacional pode estar relacionado a processos específicos, sistemas ou equipamentos.

Nos sistemas de saneamento os índices mais utilizados são o consumo específico (CE), que relacionam o consumo de energia com volumes de água ou esgoto, dado em kWh/m³. Em nível operacional, por exemplo em sistemas de bombeamento este índice não é recomendado, uma vez que não contempla a componente altura manométrica, e por isso se torna inapropriado na comparação de sistemas distintos. Neste caso recomenda-se o uso do consumo específico normalizado (CEN) de energia, dado em kWh/m³x100m.

Nos sistemas de tratamento de esgoto, por exemplo, alguns indicadores utilizados são o consumo em relação a população equivalente por ano (kWh/hab.ano), e o consumo em relação a remoção de DBO e DQO (kWh/kgDBO_{reduzida} kWh/kgDQO_{reduzida}).

4.2.4 LINHA DE BASE ENERGÉTICA (LBE)

A linha de base energética é a referência para a medição do desempenho energético ao longo do tempo. O tipo de linha de base energética depende de propósito específico do IDE e pode ser estabelecida no nível da instalação, sistema, processo ou equipamento. A linha de base energética pode ser expressa como uma relação matemática do consumo de energia como uma função de variáveis relevantes, um modelo de engenharia ou uma relação simples. A Figura 4.6 apresenta a análise de significância de algumas variáveis com relação ao consumo de energia.

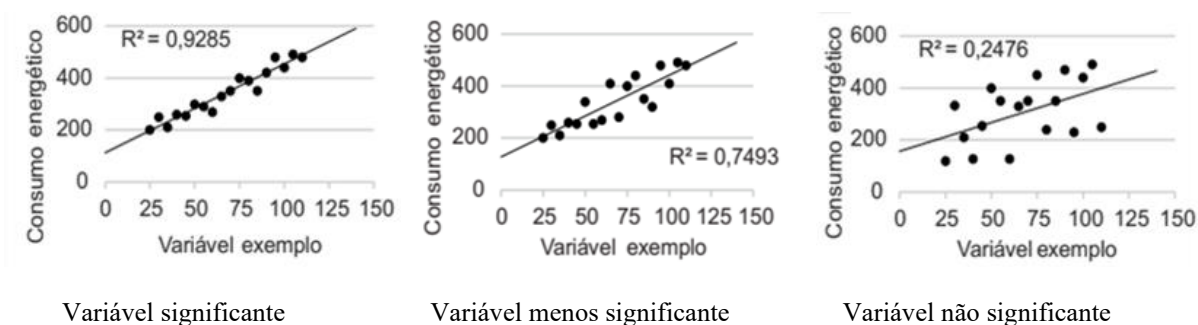


Figura 4.6 - Significância de variáveis com relação ao consumo de energia

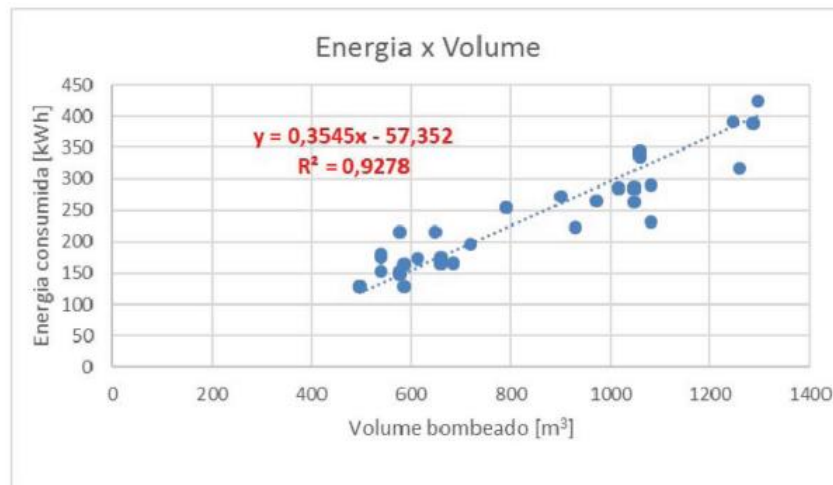


Figura 4.7 – Exemplo de linha de base do Consumo de energia pelo volume bombeado

Uma vez estabelecido para fins comparativos, convém que o período de tempo da linha de base seja representativo das alterações em operações da organização, por exemplo de sazonalidade. Ao determinar a melhoria de desempenho energético, os dados precisam representar o mesmo período que a linha de base.

Em quase todos os casos, o consumo de energia é afetado por variáveis relevantes. Convém que dados da linha de base energética sejam normalizados por variáveis relevantes que afetam o consumo de energia. Para a normalização, pode-se utilizar a análise de regressão do consumo de energia contra variáveis relevantes ou outros métodos aplicáveis.

A Figura 4.8 ilustra a relação entre o período de linha de base e o período de reporte, de acordo com a variação de um IDE.

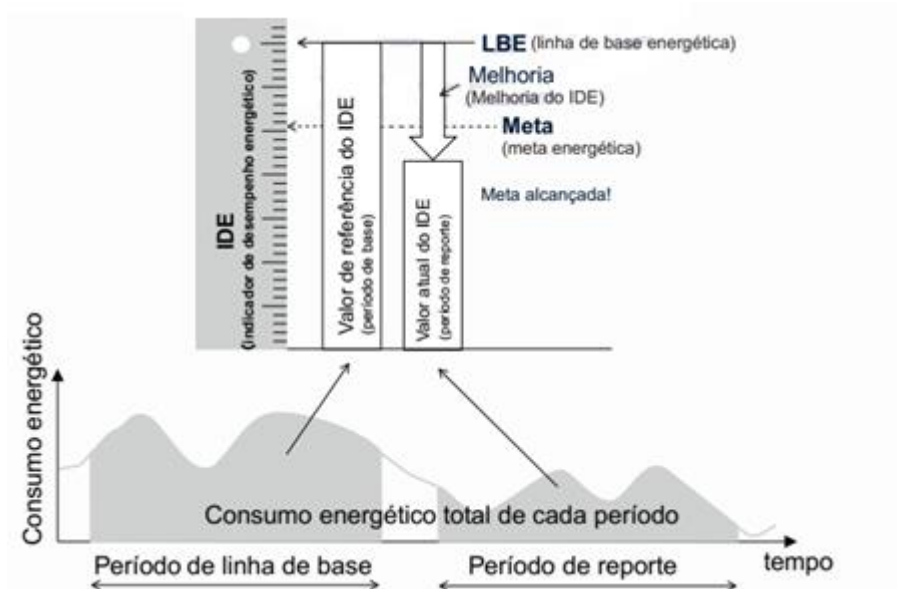


Figura 4.8 - Conceito de linha de base para um indicador de desempenho energético

Fonte: (ABNT, 2016b)

4.2.5 PLANEJAMENTO DA MEDIÇÃO DE ENERGIA

Para que o SGE acompanhe sistematicamente a evolução do desempenho energético, é necessário que as grandezas relevantes da operação sejam medidas sistematicamente. A coleta de dados pode ser um grande desafio para a implementação de um SGE, especialmente nos sistemas de saneamento, onde muitas instalações não possuem sistemas de medição de grandezas, no caso, elétricas e hidráulicas.

Portanto, ter um sistema confiável de coleta e análise de dados é fundamental. Esta coleta pode ser realizada continuamente e analisada em intervalos planejados. Os dados necessários para um SGE devem incluir o consumo de energia (dos USE e da organização), variáveis relevantes aos IDE (por exemplo vazão/volume, pressão), características operacionais, fatores estáticos (se aplicável) e outros dados especificados no plano de ação do SGE

O plano de aquisição de dados energéticos pode incluir uma descrição de cada tipo de dados necessários para o SGE e os dados a serem retidos. Os itens recomendados a serem retidos são:

- a) quais dados são medidos e o porquê, e como os dados são usados no SGE;
- b) como os dados são medidos (por exemplo, dispositivo ou sensor, método, frequência, precisão, calibração);

- c) onde os dados são armazenados e como o SGE pode acessar os dados;
- d) qualquer processamento que os dados requererem, devido à ausência de valores, ou valores incomuns ou a fim de ser utilizável pela análise no SGE;
- e) o pessoal responsável pela coleta e medição de dados;
- f) os esquemas de alimentação e conexão para redes elétricas;
- g) se quaisquer medidas ou parâmetros são críticos para processo ou segurança.

Antes de analisar os dados, convém que a organização avalie a qualidade dos dados verificando dados ausentes e *outliers*, garantindo que os dados estejam em uma faixa viável e garantindo que os dados para diferentes variáveis se apliquem a um período consistente.

4.3 Implementação e operação

A implementação e operação é a parte “Fazer (*Do*)” do ciclo PDCA do SGE.

Esta é a parte do sistema de gestão em que a organização está gerenciando o uso e consumo e implementando os planos de ação. De maneira geral esta etapa trata das questões operacionais da energia vinculadas a infraestrutura, processos, sistemas e equipamentos da organização.

Inicialmente, seu conteúdo prevê a identificação de um conjunto de requisitos cujo objetivo é suportar a operação do SGE, abordando aspectos práticos das demandas diárias, tais como recursos humanos, questões relacionadas a comunicação e documentação dos seus registros. Uma vez garantido o suporte necessário ao bom funcionamento do SGE, detalham-se os aspectos de controle operacional específico.

Com base nos levantamentos realizados na revisão energética e considerando o conhecimento adquirido sobre as características de uso da energia e dos componentes e elementos associados, é possível determinar as condições adequadas de operação para garantir o atendimento aos objetivos e metas estabelecidos.

4.3.1 RECURSOS

A intenção desta subseção é a de assegurar que a alta direção disponibilize os recursos necessários para a implementação do SGE, consistente com as capacidades da organização. A alta direção é responsável por assegurar a disponibilidade de recursos necessários para o SGE. Para prover os recursos necessários, convém que eles sejam comunicados à alta direção. Esta

comunicação pode acontecer como uma entrada da análise crítica pela direção, ou como parte dos processos anuais de orçamentação e planejamento de capital da organização.

Ao determinar os recursos que necessitam ser providos, convém que a organização considere as capacidades atuais de seus recursos internos (p.ex. pessoas, capacidade de equipamento, conhecimento organizacional) e quaisquer restrições (p.ex. orçamento, número de recursos, cronograma).

Convém que seja tomada uma decisão sobre os recursos necessários, incluindo aqueles a serem providos externamente, e as ações necessárias tomadas para assegurar que os recursos necessários sejam providos.

Geralmente, no estabelecimento, implementação e manutenção do SGE, a organização irá usar seus próprios recursos internos. Entretanto, também pode haver recursos externos disponíveis.

4.3.2 COMPETÊNCIA, TREINAMENTO E CONSCIENTIZAÇÃO

A implementação de um SGE deve envolver atividades de competência, treinamento e conscientização de seus colaboradores. Os profissionais precisam estar cientes de como suas atividades estão relacionadas com o uso e consumo de energia, e também compreender as consequências quando suas atividades desviarem dos processos definidos, ou dos controles operacionais e de manutenção, objetivos e metas. A conscientização das pessoas auxilia as organizações na promoção e manutenção de uma cultura consciente de energia. A efetividade do processo que apoia o andamento da consciência da energia pode ser continuamente melhorada por uma variedade de meios. O uso de técnicas de comunicação atualizadas e novos materiais de conscientização podem ajudar a sustentar o programa de sensibilização

É o caso no saneamento do pessoal de manutenção e de operação dos sistemas de água e esgoto, que devem estar cientes dos impactos das atividades de manutenção no desempenho energético e dos custos relacionados. As atividades de manutenção estão diretamente relacionadas ao rendimento dos equipamentos, como por exemplo nos conjuntos motobomba ou aeradores. Cabe destacar ainda que o desempenho energético das instalações de saneamento envolve conhecimentos multidisciplinares como: hidráulica, mecânica, elétrica e automação. O melhor desempenho deve avaliar estas diferentes frentes, por exemplo: não basta um motor ser substituído por um motor de alto rendimento se o desempenho da bomba está aquém do esperado para aquele ponto de operação, ou se as instalações hidráulicas não estão compatíveis com a vazão e pressão, gerando perdas adicionais ao sistema.

A norma cita ainda alguns exemplos de abordagens para promover a conscientização dos funcionários incluem o seguinte (ABNT, 2016a):

- boletins ou informativos;
- reuniões e instruções aos funcionários;
- treinamentos;
- por meio de oficinas (workshops);
- campanhas de etiquetagem detalhando o consumo de energia de equipamentos, processo e sistemas;
- plataformas de mídias sociais e de aplicativos;
- sinalização no equipamento. (por exemplo, lembrando os operadores para desligar o equipamento quando não estiver em uso).

4.3.3 COMUNICAÇÃO

A comunicação efetiva dentro da organização reforça o comprometimento dos empregados para com a política energética da organização, e auxilia a motivá-los a contribuir para o alcance dos objetivos e metas de energia. A comunicação externa à organização pode ser dirigida por relato mandatório por legislação e outros requisitos relacionados à energia. A comunicação externa provê oportunidades para a organização divulgar suas melhorias na gestão e desempenho energético, que podem auxiliar na demonstração da liderança em sustentabilidade.

O processo de comunicação tem início com o planejamento de comunicação interna e externa relacionada ao SGE. A organização define os tópicos a serem comunicados, a frequência da comunicação, o público-alvo, como a comunicação será entregue e quem fará a comunicação.

É recomendado que a comunicação interna forneça informação sobre a melhoria do desempenho energético e do desempenho do SGE. Outros tópicos a considerar podem incluir:

- a) os benefícios financeiros alcançados;
- b) progresso em alcançar os objetivos, metas energéticas e planos de ação para a gestão de energia;
- c) outros benefícios da melhoria do desempenho energético, como melhoria da qualidade do produto, da produtividade, competitividade ou desempenho ambiental;
- d) iniciativas para favorecer o desempenho energético;

- e) pontos de contato para informação;
- f) retroalimentação da análise crítica pela direção;
- g) política energética.

4.3.4 DOCUMENTAÇÃO

A documentação SGE inclui documentos e registros que a organização determinou serem necessários para o seu SGE. Ao tomar essas decisões, convém que a organização leve em conta a necessidade de modificar a documentação existente para incluir a gestão da energia. Os elementos essenciais do SGE e a sua interação podem ser descritos por inúmeras maneiras. Abordagens comuns incluem a preparação e uso de um manual de energia, uma representação gráfica do modelo PDCA, que mapeia os processos do SGE da organização ou uma matriz ou hierarquia que identifica a documentação específica relevante para cada um dos elementos essenciais das SGE. Recomenda-se enfaticamente manter os documentos e registros simples, para que possam ser entendidos e mantidos com facilidade.

4.3.5 CONTROLE OPERACIONAL

Convém que os controles operacionais e de manutenção façam com que os USE e os usos de energia relacionados aos objetivos, metas e planos de ação de energia sejam colocados em operação de modo eficiente e sustentável. Como parte da melhoria contínua, os controles operacionais e de manutenção podem ser estendidos a outros usos de energia. À medida que o sistema de gestão amadurece, equipamentos, processos e sistemas são regidos por controles operacionais e de manutenção adequadas. O controle operacional efetivo e o associado treinamento do pessoal relevante muitas vezes fornecem consideráveis oportunidades de melhoria de desempenho energético e normalmente a baixo custo. Em alguns casos, pode ser possível reduzir a variabilidade no desempenho energético causada por fatores humanos por meio de melhorias técnicas, como comutação automatizada, a automação do sistema de controle, ou de limitação da velocidade do motor para veículos. Além disso, é importante atualizar ou modificar o treinamento do operador em resposta às mudanças nos controles operacionais e de manutenção.

A manutenção é um frequente e importante elemento de custo efetivo para controle operacional.

Entre os exemplos de técnicas de manutenção estão:

- manutenção preventiva;
- manutenção preditiva, como monitoramento térmico, análise de vibração;
- manutenção centrada na confiabilidade (exigirá rotinas específicas de manutenção de equipamentos);
- efetividade global do equipamento;
- manutenção produtiva total;
- outros princípios podem ser aplicados, como “fazer certo da primeira vez” (ou seja, com o objetivo de assegurar que o resultado desejado seja alcançado na primeira tentativa);
- plano de contingência de falhas.

A digitalização é uma importante ferramenta para melhorar a eficiência e o controle operacional e manutenção nos processos de saneamento. A aplicação de tecnologias digitais aprimora a coleta de dados e análise, proporcionando benefícios como a maior agilidade em detecção de falhas, relatórios precisos de situação, menor possibilidade de erros em coletas de dados manuais e redução de custos na coleta de dados.

Segundo pesquisa realizada pelo programa PROEESA, os principais sistemas aplicados em controle operacional e manutenção são:

- SIG-Sistema de Informações Geográficas;
- Sistema de gestão de manutenção de equipamentos e infraestruturas;
- Sistema de Suporte à Operação;
- Sistema SCADA (Supervisão, Controle e Aquisição de Dados);
- Sistema de Gestão de Energia;
- Sistema de Gestão Laboratorial.

4.3.6 PROJETO

A ISO 50001 chama a atenção de que a eficiência energética deve ser uma premissa desde o projeto de novas instalações. Esta abordagem pode evitar barreiras frequentes ao desempenho energético adequado, como equipamentos e sistemas superdimensionados, e o uso de tecnologia ineficiente. É importante que a medição do desempenho energético e as variáveis do processo sejam levadas em conta durante o processo de projeto, prevendo pontos de medição e instrumentação adequada para permitir um melhor monitoramento durante as operações.

Os exemplos de falhas de eficiência energética no processo de projeto incluem o seguinte:

- decisões tomadas antes sem considerar o desempenho energético;
- falha em considerar o custo do ciclo de vida dos equipamentos, incluindo equipamentos pequenos ou auxiliares;
- superdimensionamento de equipamentos, por exemplo, sistemas de bombeamento, motores, tubulações;
- falta de coordenação entre as disciplinas da equipe de projeto, por exemplo, projeto hidráulico, civil, mecânico, elétrico e de automação;
- falta de consideração de abordagens inovadoras, por exemplo, a autoprodução de energia;
- o projeto não leva em conta o desempenho energético com a flutuação de cargas variáveis ou sazonalidades dos sistemas;
- uso de soluções padronizadas em vez de soluções projetadas para atender às necessidades do sistema;
- falta de integração dos sistemas de controle automatizados para maximizar o desempenho energético;
- falta de atenção aos sistemas pequenos ou auxiliares, como bombas de circulação, retrolavagem e tubulações, em comparação com sistemas maiores.

Ao projetar instalações, equipamentos, sistemas e processos novos, modificados, ou reformados, convém que a organização considere as melhores técnicas disponíveis de eficiência energética, práticas e tendências de tecnologia emergente. Isso favorece uma maior conscientização sobre as opções de projeto e pode levar a organização à adoção de projetos inovadores e de uso de fontes de energia mais eficientes.

4.3.7 A AQUISIÇÃO DE SERVIÇOS, PRODUTOS E EQUIPAMENTOS DE ENERGIA

Com um SGE, toda a organização deve estar consciente da importância da energia, e com isso o impacto no consumo de energia deve ser considerado na escolha e compra de equipamentos. Convém que as especificações de compra, cotação e documentação contratual incluam critérios de desempenho energético e requisitos para analisar os custos do ciclo de vida das compras. A análise de custos de ciclo de vida considera não só o custo de aquisição de um equipamento, mas também os custos de manutenção e consumo de energia ao longo de sua vida útil. Tomando o exemplo de bombas de operação contínua, o custo de aquisição pode ser

responsável por apenas 5%, enquanto os custos com energia representam 90% do custo total de seu ciclo de vida.

Além da análise de custos de ciclo de vida, outra ferramenta importante para informar o consumidor a respeito da eficiência energética dos produtos é a etiqueta de eficiência energética. O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) classifica diversos tipos de produtos em categorias de “A” até “E”, de acordo com sua eficiência energética. Os produtos de categoria “A” com melhor desempenho podem receber ainda o Selo Procel.

Entre os principais equipamentos aplicados no setor de saneamento que contam com a etiqueta de eficiência estão os motores (de 0,5 até 500cv de potência) e as bombas centrífugas (monofásicas de 15cv ou trifásicas até 25cv), além de outros equipamentos como lâmpadas e aparelhos de ar-condicionado.

Na aquisição de equipamentos que não possuem a etiqueta de eficiência, as organizações podem incluir na aquisição a avaliação de rendimento ou indicadores de desempenho energético através de ensaios em campo, como por exemplo em conjuntos motobombas, estações elevatórias de água e esgoto ou estações de tratamento. Estas medidas são particularmente importantes nas empresas públicas (estaduais ou municipais) onde as compras são realizadas através de licitações com critério de menor preço.

4.3.8 COMPRA DE ENERGIA

A norma ISO 50001 exige que a organização "defina as especificações (conforme aplicável) para a aquisição de energia". Este requisito transforma a compra de energia de uma despesa operacional em um processo técnico-estratégico, obrigando a organização a analisar fatores além do preço, como a fonte, a estrutura contratual e a adequação do fornecimento ao perfil de consumo.

A relevância deste requisito para o setor de saneamento é amplificada pelo atual cenário regulatório e de mercado de energia no Brasil. Dois movimentos convergentes tornaram a gestão estratégica da aquisição de energia essencial para as companhias de saneamento: a redução dos subsídios e a abertura do mercado livre de energia, o Ambiente de Contratação Livre (ACL).

Os subsídios para o setor de saneamento eram concedidos por meio de descontos em componentes da tarifa de energia, especificamente na Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) e na Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão (TUST). O benefício era custeado pela

Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), um encargo pago por todos os consumidores de energia do país. A base legal para esses descontos estava consolidada no Decreto nº 7.891, de 23 de janeiro de 2013. O Artigo 71 deste decreto estabelecia de forma explícita os percentuais de desconto para a classe de consumo "Serviço Público de Água, Esgoto e Saneamento". Os descontos variavam conforme o grupo de tensão e a modalidade tarifária do consumidor:

- Para consumidores do Grupo A (alta tensão):
 - Subgrupo A3a (tensão de 30 a 44 kV): Desconto de 40%.
 - Subgrupo A4 (tensão de 2,3 a 25 kV):
 - Modalidade Horo-Sazonal Azul: 15% de desconto.
 - Modalidade Horo-Sazonal Verde: 25% de desconto.
- Para consumidores do Grupo B (baixa tensão):
 - Subgrupo B3 (outras classes, incluindo saneamento): Desconto de 70%.

O Decreto nº 9.642/2018 determinou a redução gradual dos descontos nas tarifas de energia elétrica que beneficiavam o setor de saneamento. A eliminação deste subsídio, que em 2019 representava um montante de R\$ 874,9 milhões, resultou em um aumento direto nos custos operacionais das empresas, criando uma forte pressão pela busca de maior eficiência e por alternativas de contratação mais econômicas.

Em contrapartida, a migração para o mercado livre de energia, que antes era restrita a um limitado número de consumidores que atendiam a requisitos mínimos de demanda de energia, flexibilizou o acesso, permitindo a todas as unidades do grupo A migrarem para o ambiente de contratação livre (ACL). A evolução das regras ocorreu de forma gradual, com a criação de duas categorias principais de consumidores:

a) Consumidor Livre:

Criado pela Lei nº 9.074, de 1995, foi o primeiro perfil de consumidor apto a escolher seu fornecedor. A exigência original era extremamente alta: demanda contratada de, no mínimo, 10.000 kW (10 MW), atendido em tensão igual ou superior a 69 kV, mas ao longo dos anos, portarias do Ministério de Minas e Energia (MME) foram reduzindo essa barreira. Em 2018, a Portaria MME nº 514 estabeleceu um cronograma de redução, diminuindo a exigência para 3.000 kW em julho de 2019 e para 2.500 kW em janeiro de 2020. Posteriormente, a Portaria MME nº 465/2019 continuou essa trajetória, reduzindo o limite para 2.000 kW em janeiro de 2021, 1.500 kW em janeiro de 2022, e 1.000 kW em janeiro de 2023.

b) Consumidor Especial:

Criado pelo Decreto nº 5.163, de 2004, para permitir que um grupo maior de consumidores pudesse acessar o mercado livre, ainda que com restrições. A demanda contratada deveria ser igual ou superior a 500 kW, individualmente ou por comunhão de cargas (soma de unidades consumidoras com o mesmo CNPJ ou localizadas em áreas contíguas). A principal característica do Consumidor Especial era a obrigatoriedade de adquirir energia exclusivamente de fontes incentivadas, como eólica, solar, biomassa ou de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs). Isso fomentava o crescimento de energias renováveis, mas limitava as opções de contratação.

A Portaria MME nº 50/2022 liberalizou o acesso ao ACL, permitindo que, a partir de 1º de janeiro de 2024, todos os consumidores conectados em alta tensão (Grupo A) pudessem migrar para este ambiente, independentemente da demanda contratada. Esta medida abriu uma oportunidade para que as instalações do setor de saneamento pudessem negociar contratos diretamente com geradores e comercializadores, com potencial de economia de até 35% na fatura de energia. Esta oportunidade pode se estender a unidades consumidoras de baixa tensão a partir de 2026.

4.4 Verificação

Verificação é a parte “Verificar” (*Check*) do ciclo PDCA do SGE, e envolve atividades de avaliação do desempenho energético e do SGE

Nesta etapa as melhorias projetadas, tanto do sistema propriamente dito quando do desempenho energético, serão verificadas na realidade. Perguntas como “a minha organização realmente está melhorando continuamente o desempenho energético?” são respondidas com o auxílio do processo de monitoramento.

4.4.1 MONITORAMENTO, MEDIÇÃO E ANÁLISE

O objetivo do monitoramento, medição e análise é de obter e analisar dados para determinar se o desempenho energético está melhorando, quanto está melhorando e se o controle operacional está sendo mantido. Isso é aplicado aos USE, às variáveis relevantes relacionadas aos USE, IDE e planos de ação. Também pode ser aplicado a qualquer uso de energia sobre o qual a organização decida realizar um controle operacional. Uma organização

pode iniciar com os dados já disponíveis e expandir os dados coletados e analisados com o tempo. A análise dos dados das medições pode ser aumentada com o uso de diferentes métodos analíticos ou diferente instrumentação.

A “Medição e Verificação” (M&V), que é o processo de utilização de medições para determinar, de modo seguro, a economia real proporcionada por uma ação em um programa de gestão de energia”. O Protocolo que tem sido mais empregado no Brasil em projetos de eficiência energética é o Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance – PIMVP, elaborado pela *Energy Valuation Organization (EVO)*.

A economia de energia não pode ser medida diretamente, uma vez que economia representa a ausência do consumo de energia. A economia é determinada comparando-se o consumo medido anteriormente e o consumo medido posteriormente à implementação de um programa, e realizando ajustes adequados às alterações nas condições de uso. Portanto, antes da implantação das ações a equipe deverá documentar uma linha de base energética e identificar que outros fatores influenciam na linha de base, para que sejam definidos ajustes pertinentes para cada ação. A Figura 4.9 exemplifica o histórico de consumo de energia ao longo da implantação de uma ação de eficiência energética.

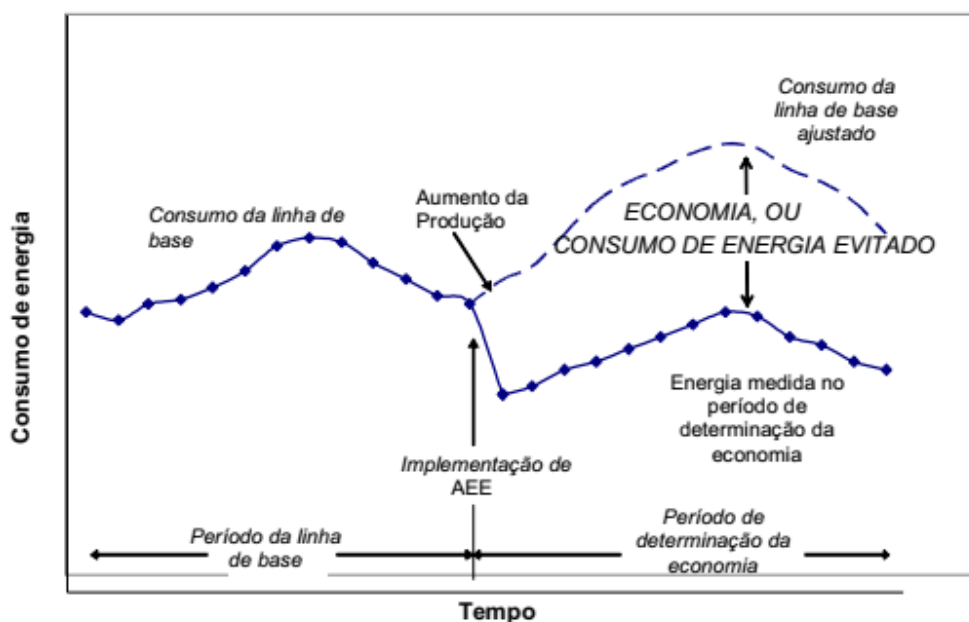


Figura 4.9 – Exemplo de histórico de energia e conceitos da M&V

Fonte: (EVO, 2017)

A comparação entre o antes e o depois de uma medida de eficiência energética deve ser feita com base em dados consistentes, portanto deve ser avaliada para cada ação a disponibilidade de informações que permita traçar uma relação com o consumo de energia. Os

indicadores de monitoramento sugeridos para cada ação podem ser utilizados para compor a linha de base.

O PIMVP, conforme apresentado na Tabela 4.2, fornece as opções A, B, C e D para a determinação das economias oriundas da implementação de uma ação de eficiência energética (AEE), correspondendo a diferentes abordagens, e, portanto, com diferentes níveis de incerteza, custo e metodologia. A escolha entre as opções implica muitas considerações, inclusive o local da fronteira de medição (EVO, 2017)

As abordagens de M&V dividem-se em duas categorias, consistindo na medição isolada da AEE e na medição global da instalação. Para métodos da medição isolada, considera-se apenas os equipamentos envolvidos ou os sistemas independentes do restante da instalação. Para métodos de medição global, o uso da energia de toda a instalação é significativo, enquanto a performance dos equipamentos é irrelevante. Assim, a seleção da opção de M&V mais adequada para uma AEE em questão, implica em muitas considerações, incluindo o local da fronteira de medição. A seleção das opções A, B ou D dá-se em situações em que é necessário levar em consideração o desempenho energético isolado da AEE, enquanto as opções C ou D permitem determinar a economia ao nível da instalação no geral. Para a adoção da opção C, é necessário que a economia reportada seja superior à 10% do consumo total da instalação. Nota-se que a opção D pode ser aplicada em ambos os casos, entretanto, esta opção é comumente selecionada em metodologias de medição de toda a instalação.

Tabela 4.2 – Visão geral das opções de M&V do PIMVP

Opção do PIMVP	Determinação da economia de energia	Exemplo de aplicação
Opção A - Medição isolada da AEE (medição dos parâmetros-chave): medições em campo dos parâmetros-chave e estimativa de parâmetros não selecionados para medição, sendo necessário justificar a estimativa.	Cálculos de engenharia com dados das medições do consumo da linha de base e do período de determinação da economia e parâmetros estimados, sendo necessário considerar os ajustes de rotina e não de rotina.	<i>Retrofit</i> de sistema de iluminação.
Opção B - Medição isolada da AEE (medição de todos os parâmetros): medições em campo de todos os parâmetros ou variáveis independentes que afetam o consumo de energia.	Medições do consumo da linha de base e do período de determinação da economia e/ou cálculos de engenharia, sendo necessário considerar os ajustes de rotina e não de rotina.	Aplicação de inversor de frequência e controle de motor para ajustar o fluxo de uma bomba.
Opção C - Toda a instalação: medição do consumo de energia em toda a instalação, sendo que medições de toda	Análise dos dados do medidor da linha de base de toda a instalação e do período de determinação da economia.	Programa de gestão de energia multifacetado,

Opção do PIMVP	Determinação da economia de energia	Exemplo de aplicação
a instalação também são efetuadas durante o período de determinação da economia.	Comparação de faturas pré e pós retrofit ou uma análise de regressão. Ajustes de rotina e não de rotina devem ser considerados.	afetando muitos sistemas de uma instalação.
Opção D - Simulação calibrada: simulação do consumo de energia de toda a instalação, por modelos matemáticos que modelam o desempenho energético real medido na instalação.	A economia é determinada por simulação do consumo de energia, calibrada com medições disponíveis.	Programa de gestão de energia multifacetado (dados indisponíveis para determinar a linha de base).

Fonte: (EVO, 2017)

O principal uso final do consumo de energia no setor de saneamentos são os sistemas de bombeamento, que têm como finalidade o transporte de uma determinada quantidade de água até uma determinada altura ou pressão. Portanto, além da medição do consumo de energia, outras grandezas devem ser consideradas na estratégia de M&V, como a vazão (volume) de água, a pressão na tubulação de entrada (sucção) e de saída (recalque), rotação (frequência) de inversores e nível de reservatórios.

De acordo com a ação a ser implementada, estas grandezas podem ser variáveis independentes ou fatores estáticos dentro da estratégia de M&V. A variável independente é um parâmetro que varia rotineiramente e tem impacto considerável no consumo de energia de um sistema. Já o fator estático é uma característica da instalação que afeta o consumo de energia. Não é esperado que o fator estático se altere. Caso haja alteração relevante nesta característica podem ser feitos “Ajustes Não de Rotina” no cálculo da economia. Tomando como exemplo típico um bombeamento de água para um reservatório, a variável dependente é o consumo de energia e a variável independente a vazão (volume) de água bombeado. Espera-se que o nível estático do reservatório e as perdas de carga na adutora mantenham suas oscilações diárias, e com isso a pressão de recalque pode ser considerada como fator estático.

A estratégia de M&V deve ser adequada as características da ação de eficiência e da instalação. Estimativas não justificadas podem aumentar o erro, enquanto a maior quantidade de medições aumenta os custos e a complexidade do cálculo da economia. Se o resultado esperado da ação for uma redução no consumo maior que 10%, pode ser utilizada a opção C (Toda a instalação). Esta opção é a mais simples e de menor custo, pois utiliza o medidor da concessionária de energia e um medidor de vazão com totalizador do volume (macromedidor), existente em diversas estações de bombeamento. O intervalo de medições é mensal,

acompanhando a fatura da concessionária. O período da linha de base deve ser de pelo menos um ano, enquanto o período de determinação da economia de três a seis meses (ProEESA, 2018).

Em instalações com maior quantidade de equipamentos, onde o impacto da ação é inferior a 10% de redução no consumo/demanda, a estratégia de M&V deve prever a medição isolada dos resultados. Com a Opção A (Isolação da Ação: Medição de parâmetros chave) apenas um parâmetro é medido (energia ou vazão). O outro parâmetro pode ser estimado com base em dados históricos, especificação do fabricante ou cálculo de engenharia. O erro resultante da estimativa deve ser avaliado. A Opção B (Isolação da Ação-Medição de todos os parâmetros) é a mais completa e todos os parâmetros chave devem ser monitorados, pelo menos o consumo de energia e um medidor de vazão. Em ações que envolvam melhoria de rendimento de bombas ou motores pode ser realizado ainda ensaio de rendimento, que envolve a medição de potência elétrica, vazão, pressão de sucção e recalque e cotas topográficas. O período de medições deve corresponder a um período típico de funcionamento da instalação elevatória, usualmente de 7 dias. Cabe ressaltar que se a bomba operar de modo extremamente variável sujeita a fenômenos climáticos (por exemplo para bombeamento de esgotos com águas pluviais), deve-se medir todo o espectro de funcionamento do conjunto motobomba para diversas vazões e pressões.

Em algumas ações como a alteração de layout da rede hidráulica, ou a redução de perdas na distribuição o resultado estimado pode ser realizado a partir de modelagem da rede hidráulica e os parâmetros de funcionamento. Nestes casos a Opção D (Simulação Calibrada) é recomendada. A Tabela 4.3 apresenta um resumo das ações e as opções PIMVP recomendadas.

Uma das maiores dificuldades da medição e verificação de ações de eficiência energética no saneamento é a falta de informações e medições nas estações de bombeamento. A medição de consumo de energia é feita apenas através do medidor da concessionária e nos quadros de comando dos motores. Em muitos casos a medição, quando existe, se limita a medir a corrente de operação. Os macromedidores são medidores de vazão, normalmente com instalação fixa na rede de chegada ou saída de água de estações de bombeamento. Embora seja uma informação fundamental de controle da produção/consumo de água, o índice médio de macromedição dos sistemas de abastecimento de água do Brasil é de 59% (SNIS, 2019). Assim como no controle operacional, sistemas de monitoramento são uma importante ferramenta na

avaliação de resultados de projetos de eficiência energética, uma vez que disponibilizam dados, muitas vezes em tempo real, de grandezas e indicadores de desempenho.

Tabela 4.3 – Ações de eficiência no saneamento e Opção de PIMVP

Ação de eficiência	Variável dependente	Opção PIMVP
i) Troca de conjunto motobomba com melhor rendimento em uma estação elevatória e / ou instalação de inversor de frequência	Energia	C – Toda a instalação
ii) Troca de conjunto motobomba e/ou instalação de inversor de frequência integrados em ETE ou ETA	Energia	B – Isolação da AEE: Medição de todos os parâmetros
iii) Aeração mais eficiente em estações de tratamento de esgoto	Energia	B – Isolação da AEE: Medição de todos os parâmetros
iv) Evitar o uso de energia em horas de ponta em diversas operações unitárias (redução esperada >10%)	Demanda	C – Toda a instalação
v) Evitar o uso de energia em horas de ponta em diversas operações unitárias (redução esperada <10%)	Demanda	B – Isolação da AEE: Medição de todos os parâmetros
vi) Redução de vazamentos por redução de pressão na rede de distribuição	Água e/ou energia	C – Toda a instalação
vii) Redução de vazamentos por reabilitação de ramais de ligação e extensão de rede	Água e/ou energia	D – Simulação calibrada
viii) Redução de vazamentos por redução do tempo de reparação de rede, ramais e cavaletes	Água e/ou energia	A – Isolação da AEE: medição dos parâmetros chave
ix) Alterações no layout do sistema de distribuição	Energia	D – Simulação calibrada
x) Redução de perda de carga em barriletes, adutoras e outros pontos do sistema	Energia	Preferencialmente B, podendo também ser A, C ou D
xi) Medição individualizada de consumos de água em condomínios	Água e/ou energia	C – Toda a instalação

xii) Campanha de sensibilização para redução de consumo de água	Água e/ou energia	B – Isolação da AEE: Medição de todos os parâmetros ou C – toda a instalação
---	-------------------	--

Fonte: ProEESA (2018).

4.5 Análise crítica pela direção

Análise crítica pela direção é a parte “Agir” (*Act*) do ciclo PDCA do SGE.

Esta é uma responsabilidade-chave da alta direção, e tem como objetivo garantir a adequação contínua, suficiência e eficácia do SGE, convém que a análise crítica pela direção seja um processo dinâmico de análises, avaliações, decisões e ações que assegurem a melhoria contínua do desempenho energético e do SGE. A análise crítica vai destacar para a alta direção os resultados positivos, assim como as deficiências, a fim de proporcionar recomendações eficientes de melhorias. É por meio da análise crítica pela direção que o sistema de gestão é ajustado, atualizado e mantido relevante e capaz de gerar melhorias de desempenho energético.

Convém que a análise crítica pela direção seja realizada em uma frequência dentro da qual possam ser tomadas ações corretivas e possam ser feitos os ajustes necessários ao sistema, comumente uma vez ao ano, consolidando os resultados obtidos e o planejamento das próximas ações. A análise crítica pela direção não é apenas um olhar no passado para ver onde a organização estava, mas um processo ativo que ajuda a definir a direção para um curso melhor para a organização, seu SGE e desempenho energético.

5 DESAFIOS E OPORTUNIDADES DA GESTÃO ENERGÉTICA COM O NOVO MARCO LEGAL NO SANEAMENTO

De acordo com Limaye & Welsien (2019), diversos aspectos limitam a implementação de projetos de eficiência energética pelas operadoras de serviços de água e esgoto, conforme listado abaixo.

- Barreiras relacionadas a implementação dos projetos:
 - Conhecimento limitado sobre oportunidades de eficiência energética e seus benefícios por parte da gestão e dos funcionários da operadora;
 - Experiência limitada com novas tecnologias e prestadores de serviços;
 - Negócio das operadoras muito voltado a ampliação do atendimento e com pouca ênfase em redução de custos;
 - Falta de informações sobre as características dos equipamentos do sistema;
 - Falta de modelos padrão para auditorias energéticas e contratos de serviço, o que limita a implementação de projetos;
 - Experiência e capacidade limitadas com medição e verificação de economia de energia.
- Barreiras regulatórias e institucionais:
 - Regras de procedimentos orçamentários que podem não permitir que as operadoras retenham as economias decorrentes de investimentos em eficiência;
 - Regras e procedimentos de compras públicas que desencorajam a aquisição de equipamentos mais eficientes;
 - Tarifas mais baixas definidas por regulação, o desestimula investimentos em eficiência energética.
- Barreiras de financeiras e de acesso ao crédito:
 - Disponibilidade limitada de recursos para investimento por parte da operadora;
 - Baixa credibilidade, o que limita o acesso a financiamento comercial;
 - Os termos e condições impostas por credores comerciais geralmente não são muito atrativas para as operadoras;

- Dificuldade em fornecer garantias exigidas pelos empréstimos comerciais;
- Percepção dos credores comerciais de que projetos de eficiência energética para operadoras de saneamento estão associados a risco elevado.

As alterações previstas pela legislação do Novo Marco Legal do Saneamento afetam direta ou indiretamente incentivam a adoção de sistemas de gestão de energia. Juntamente com a implantação das regras do novo marco, outros aspectos favorecem a disseminação de sistemas de gestão de energia, como políticas públicas de incentivo e o desenvolvimento de tecnologias digitais aplicadas na coleta e análise de dados. A seguir são discutidos alguns destes aspectos e os desafios e oportunidades relacionados ao setor de saneamento.

5.1 Contratos de concessão dos serviços de saneamento

De acordo com o texto do novo marco legal os contratos de concessão de prestação de serviço no saneamento devem metas de eficiência operacional. As novas concessões devem apresentar um plano de ação para atendimento das metas previstas de atendimento da população os prestadores de serviço a estabelecerem planos e metas para melhoria progressiva de eficiência operacional e uso racional de energia.

Esta exigência nos contratos traz um incentivo adicional aos prestadores de serviço de saneamento, além dos benefícios intrínsecos a implantação do sistema de gestão energética. Conforme apresentado no Capítulo 3, para que sejam estabelecidos objetivos e metas energéticas, é necessário antes passar pela fase de revisão energética, incluindo o diagnóstico energético, a partir do qual podem ser conhecidas a situação atual e as oportunidades de melhoria. Com base nas informações obtidas nesta etapa é que serão traçados os objetivos, metas e planos para promover a melhoria dos indicadores.

Uma cláusula essencial e recorrente nos novos contratos de concessão é a imposição de metas quantitativas e agressivas para a redução de perdas na distribuição de água tratada. Este requisito contratual é o principal elo entre a gestão hídrica e a gestão energética. A lógica é direta: a energia elétrica é o principal insumo variável no custo operacional dos serviços de saneamento, sendo majoritariamente consumida no bombeamento de água. Portanto, cada metro cúbico de água que vaza da rede antes de chegar ao consumidor representa não apenas

um desperdício do recurso hídrico, mas também um desperdício direto e mensurável de energia elétrica.

Atingir as metas contratuais de redução de perdas é, na prática, impossível sem a implementação de um programa robusto e contínuo de eficiência energética. Isso envolve a modernização de sistemas de bombeamento, a substituição de motores antigos por equipamentos de alto rendimento, a instalação de inversores de frequência, a automação de processos e a implementação de sistemas de controle e monitoramento em tempo real.

Os editais recentes ilustram a centralidade dessa meta:

Estudo de Caso - Alagoas: O edital de concessão para a Região Metropolitana de Maceió, além de prever a universalização do abastecimento de água em seis anos, estabelece a meta de reduzir o índice de perdas do patamar de 59% para 25% ao longo de 20 anos, um objetivo descrito como fundamental para "gerar mais eficiência na utilização dos recursos hídricos".

Estudo de Caso - Rio de Janeiro: Os contratos decorrentes do leilão da CEDAE exigem que os novos concessionários, como a Águas do Rio (do grupo Aegea), reduzam as perdas de água para um máximo de 25%. O índice médio de desperdício na região no momento do leilão era de 40%. Em resposta, a Aegea já implementou programas específicos de redução de perdas como uma de suas principais iniciativas estratégicas.

Estudo de Caso - Rio Grande do Sul: No município de Venâncio Aires, o termo aditivo firmado com a Corsan/Aegea estabelece metas quantitativas explícitas para a redução de perdas, que no início do contrato atingiam o alarmante índice de 49% da água tratada.

Esses exemplos demonstram que a redução de perdas deixou de ser uma mera boa prática para se tornar uma obrigação contratual fiscalizável, cujo descumprimento pode acarretar penalidades severas. Consequentemente, o investimento em eficiência energética não é mais uma opção, mas uma condição necessária para o sucesso da concessão.

5.2 Entidades de regulação

De acordo com a nova legislação, caberá à ANA e aos agentes de regulação definir normas de referência para os prestadores de serviço de saneamento, entre elas “padrões de qualidade e eficiência na prestação, manutenção e operação dos sistemas de saneamento básico do país”. O texto revisado da lei aborda ainda que caberá à ANA elaborar estudos técnicos para o desenvolvimento das melhores práticas regulatórias para os serviços públicos de saneamento básico, bem como guias e manuais para subsidiar o desenvolvimento das referidas práticas, e

promover a capacitação de recursos humanos para a regulação adequada e eficiente do setor de saneamento básico.

A evolução da agenda regulatória da ANA demonstra uma crescente sofisticação na abordagem da eficiência. Reconhecendo a forte correlação entre perdas hídricas e consumo energético, e a relevância da energia nos custos operacionais, a agência sinalizou um passo adiante. A Agenda Regulatória da ANA para o ciclo 2022-2024 prevê explicitamente o desenvolvimento de uma norma de referência específica para a eficiência energética e a recuperação energética nos serviços de saneamento básico. A norma também pode incluir a exigência de realização de auditorias energéticas periódicas, a elaboração de planos de gestão de energia e a criação de incentivos para a autoprodução de energia a partir de fontes renováveis, como o aproveitamento do biogás em Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) ou a instalação de usinas solares fotovoltaicas em áreas pertencentes às concessionárias.

Essa transição de uma regulação implícita para uma regulação explícita da eficiência energética possui implicações profundas. Atualmente, a otimização energética é um benefício colateral da busca por um objetivo primário distinto (redução de perdas de água). Com a nova norma, a gestão de energia será elevada de uma estratégia interna de redução de custos a uma métrica de desempenho regulada, pública e sujeita a fiscalização e penalidades. Isso institucionaliza a eficiência energética como um pilar da qualidade do serviço, com importância equivalente a potabilidade da água ou à continuidade do abastecimento.

Adicionalmente, a criação de indicadores padronizados e de reporte obrigatório permitirá a formação de um banco de dados nacional sobre o desempenho energético de todos os prestadores de serviço, públicos e privados. Essa base de dados é a ferramenta que faltava para a implementação de uma verdadeira competição por comparação (*benchmarking*) em escala nacional. Será possível comparar, de forma objetiva e técnica, o desempenho de um operador no Nordeste com um no Sul do país, identificando as melhores práticas e criando uma pressão contínua por inovação e otimização direcionada especificamente à performance energética. A regulação explícita, portanto, completa o ciclo iniciado pela lei: a pressão de mercado por eficiência, impulsionada pelos contratos, será complementada e reforçada por uma pressão regulatória direta, criando um ambiente de duplo incentivo para a otimização energética em todo o setor.

Além de seu papel na regulação e fiscalização, o papel das agências reguladoras traz uma oportunidade de também atuarem como disseminadores de informações e boas práticas de

eficiência energética, haja visto a experiência do “Programa de Eficiência Energética no Saneamento”, o PROEESA.

Visando contribuir com a ANA na elaboração de normas de referência, o projeto PROEESA elaborou um documento com 11 propostas, que foram classificadas em três categorias de ordens de prioridades (PROEESA, 2021):

(i) ordem primária: abordam os conteúdos mínimos considerados essenciais pelo grupo de especialistas, para incentivar a eficiência energética no saneamento;

(ii) ordem secundária: interferem mais na autonomia de operação do prestador, e sua adoção em regulamentação nacional deverá ser bem avaliada; no entanto, na regulação local, podem ser propostas oportunas, pois requerem um conhecimento mais próximo em relação ao prestador de serviço, e possibilitam um monitoramento mais imediato pelo regulador. Inclui também situações, onde a regulação nacional não tem capacidade de identificar as especificidades locais para regulamentar o tema.

(iii) ordem terciária: visam medidas mais sistêmicas para mitigar o contexto situacional da ineficiência; estas propostas deverão ser mais trabalhadas, e podem ter desdobramentos em muitas vertentes operacionais.

O processo de desenvolvimento das NRs pela ANA é participativo, envolvendo consultas e tomadas de subsídios com a sociedade e os agentes do setor. Durante a elaboração da norma de indicadores operacionais, a inclusão de métricas específicas de eficiência energética foi amplamente debatida. Conforme minuta disponível em (ANA,2023) foram propostos dois indicadores diretos:

- E&S 05: Índice de consumo de energia elétrica normalizado no sistema de abastecimento de água ($\text{kWh}/\text{m}^3/100\text{m}$)
- E&S 06: Índice de consumo de energia elétrica normalizado no sistema de esgotamento sanitário ($\text{kWh}/\text{m}^3/100\text{m}$)

Esses indicadores visavam criar uma métrica padronizada para comparar o desempenho energético entre diferentes operadoras, normalizando o consumo pelo volume bombeado e pela altura manométrica. Contudo, esses indicadores foram removidos da versão final da NR nº 09/2024. A justificativa técnica apresentada pela ANA foi a preocupação de que um indicador agregado em nível de sistema poderia apresentar "possíveis inconsistências na análise global", com o risco de "camuflar unidades de bombeamento que apresentem qualidade insatisfatória". Em outras palavras, a média de eficiência de um sistema grande poderia esconder a ineficiência extrema de algumas de suas partes, dificultando uma regulação precisa

e eficaz. Essa decisão não significa um abandono do tema, mas sim o reconhecimento de sua complexidade técnica. Estabelecer um indicador de eficiência energética que seja ao mesmo tempo simples, universalmente aplicável a sistemas com topografias e tecnologias distintas, e preciso o suficiente para a fiscalização regulatória é um desafio considerável. A preocupação da ANA sugere uma busca por modelos mais granulares ou abordagens alternativas no futuro, que possam ser exploradas em próximas edições da Agenda Regulatória.

Para todos os agentes do mercado — concessionárias, investidores, ESCOs e fornecedores de tecnologia —, a Agenda Regulatória da ANA funciona como uma bússola, indicando as futuras direções da regulação. O monitoramento contínuo desta agenda, bem como a participação ativa nos processos de Tomada de Subsídios, é fundamental para antecipar e se preparar para futuras normas que possam, eventualmente, reintroduzir ou reformular a regulação da eficiência energética. A preocupação com o tema já foi manifestada em reuniões públicas, indicando que ele permanece no radar da agência.

O cenário atual pode ser descrito como um vácuo regulatório temporário. Os contratos de concessão já exigem eficiência energética como um meio indispensável para atingir metas de perdas e garantir a viabilidade financeira. No entanto, a forma como essa eficiência será padronizada, medida e fiscalizada em nível nacional pela ANA ainda está em aberto.

Este vácuo não deve ser interpretado como um sinal para inação, mas como uma janela de oportunidade estratégica. As concessionárias mais proativas, que desenvolverem e implementarem seus próprios sistemas robustos de medição e gestão energética — alinhados a padrões internacionais como a norma ISO 50001 e o Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP), estarão à frente da curva regulatória. Ao fazerem isso, elas não apenas otimizarão seus custos e cumprirão suas obrigações contratuais, mas também poderão influenciar a futura regulamentação da ANA, posicionando suas metodologias e práticas como o padrão de fato do setor. Para as Empresas de Serviços de Energia (ESCOs), isso significa que ofertar uma solução que já inclua um pacote de Medição e Verificação (M&V) transparente, confiável e alinhado às melhores práticas internacionais representa um diferencial competitivo imenso.

5.3 Modelos de negócio

A demanda por eficiência energética, impulsionada pelos novos contratos de saneamento, abre um vasto campo para modelos de negócio especializados. Entre eles, o

Contrato de Desempenho Energético, ou EPC (do inglês *Energy Performance Contract*), destaca-se como o instrumento mais adequado para alinhar os interesses da concessionária de saneamento (o cliente) e da empresa especializada em eficiência (o fornecedor).

O Contrato de Desempenho Energético (EPC)

O EPC é um modelo de negócio no qual uma Empresa de Serviços de Energia (ESCO, do inglês *Energy Service Company*) desenvolve, implementa e, em alguns casos, financia projetos para melhorar a eficiência energética nas instalações de um cliente. A principal característica que define um EPC é que a remuneração da ESCO está diretamente atrelada à economia de energia efetivamente gerada e comprovada pelo projeto.

Nesse modelo, a ESCO atua como um provedor de soluções "chave na mão" (*turnkey*), assumindo a responsabilidade por um amplo espectro de tarefas que incluem:

- **Diagnóstico Energético:** Realização de uma auditoria detalhada para identificar oportunidades de economia e estabelecer uma linha de base (baseline) de consumo, que servirá como referência para medir o desempenho do projeto.
- **Engenharia e Projeto:** Desenvolvimento da solução técnica, especificando os equipamentos e as intervenções necessárias.
- **Implementação:** Aquisição e instalação dos equipamentos, como motores de alta eficiência, bombas, inversores de frequência e sistemas de automação.
- **Operação e Manutenção (O&M):** Gestão e manutenção dos novos equipamentos durante o prazo do contrato para garantir que a performance seja mantida.
- **Medição e Verificação (M&V):** Monitoramento e comprovação da economia de energia gerada, que é a base para a remuneração da ESCO.

Ao assumir o risco técnico do projeto, a ESCO garante ao cliente que as melhorias propostas alcançarão um determinado nível de economia. O ciclo de vida de um projeto via EPC geralmente envolve um período contratual (por exemplo, de 2 a 5 anos) durante o qual a economia gerada é compartilhada entre a ESCO e o cliente. Após o término do contrato, o cliente passa a reter 100% dos benefícios financeiros da economia de energia pela vida útil restante dos equipamentos, que pode ser de 5 a 25 anos.

Existem duas modalidades principais de EPC, que se diferenciam fundamentalmente pela alocação do risco financeiro e pela estrutura de pagamento. A escolha entre elas depende da disponibilidade de capital e da tolerância ao risco de cada parte.

Economia Compartilhada: Neste modelo, a ESCO geralmente arca com o custo total do investimento inicial (CAPEX). Sua remuneração provém de uma porcentagem pré-acordada da economia financeira gerada pelo projeto. Por exemplo, se um projeto gera uma economia de R\$ 100.000 por mês e o contrato prevê uma partilha de 80/20, a ESCO recebe R\$ 80.000 e o cliente retém R\$ 20.000 durante o prazo contratual. O risco financeiro recai majoritariamente sobre a ESCO, que precisa garantir que a economia gerada seja suficiente para cobrir seu investimento e gerar lucro.

Economia Garantida: Nesta modalidade, o cliente (a concessionária de saneamento) é quem obtém o financiamento e arca com o investimento inicial. A ESCO é paga como uma prestadora de serviços, mas oferece uma garantia contratual de que o projeto alcançará um nível mínimo de economia de energia. Se a economia real for inferior à garantida, a ESCO é obrigada a compensar o cliente pela diferença. Aqui, o risco de performance do projeto é da ESCO, mas o risco financeiro do investimento é do cliente.

5.4 Políticas públicas

A implementação em larga escala de projetos de eficiência energética no setor de saneamento demanda um volume significativo de capital. O aprimoramento de políticas públicas de fomento da eficiência energética e linhas de crédito, tanto com recursos não-reembolsáveis quanto reembolsáveis, capazes de apoiar desde os estudos iniciais até os investimentos massivos em equipamentos.

5.4.1 O PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ANEEL (PEE)

O Programa de Eficiência Energética (PEE), regulado pela ANEEL, é a maior fonte contínua de recursos para o setor no Brasil. A Lei nº 9.991/2000 obriga as concessionárias e permissionárias de distribuição de energia elétrica a aplicarem anualmente um percentual de sua receita operacional líquida em projetos que visem o uso eficiente da energia elétrica. Os procedimentos detalhados para a proposição e execução de projetos estão consolidados no documento Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE). Para garantir a transparência e a isonomia, as distribuidoras devem selecionar os projetos por meio de Chamadas Públicas, nas quais diversos proponentes, incluindo concessionárias de saneamento e ESCOs, podem competir. Exemplos de editais e resultados de chamadas públicas demonstram a elegibilidade e o interesse em projetos para o setor de saneamento.

O PEE constitui uma oportunidade singular para o setor de saneamento, pois os recursos são, em grande parte, concedidos a fundo perdido (não onerosos) para o consumidor beneficiado. Isso o torna ideal para financiar diagnósticos energéticos, projetos-piloto e a substituição de equipamentos. Um estudo de caso de sucesso é o da SANEAGO (Companhia de Saneamento de Goiás), que, por meio de um projeto aprovado na chamada pública da Enel Goiás, implementou ações de eficiência energética em uma de suas estações, visando a redução de custos e do consumo.

5.4.2 O PROCEL SANEAR

O Procel Sanear tem como objetivo específico promover a eficiência energética e hídrica em sistemas de saneamento ambiental. Desde julho de 2023, o Procel é coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e executado pela Empresa Brasileira de Participações em Energia Nuclear e Binacional (ENBPar) e mais recentemente apoiou a criação de uma associação para promover a eficiência energética no setor – a AEESA.

Esta associação, embora ainda em estágio inicial, conta com o apoio do Procel Sanear tem um grande potencial de prestar serviços para implantação de ações de efficientização e gestão energética, para empresas de serviço de saneamento, órgãos reguladores, além de treinamentos e cursos de capacitação.

5.4.3 Incentivos a adoção da ISO 50001

O Plano Decenal de Eficiência Energética (PDEf) em seu Produto 3 – Propostas de Ações Transversais identifica alguns pontos de aprimoramento nas estratégias de incentivo à ISO 50001 no Brasil, e que se aplicam também ao setor de saneamento como:

- Falta de incentivos fiscais como forma de suporte, principalmente aos grandes consumidores de energia, à implantação e certificação ISO 50.001;
- criação de mecanismos de incentivo voltados às PMEs;
- Falta de uma iniciativa de liderança pelo exemplo, através da certificação de empresas estatais. Para isso poderia ser elaborado um projeto de lei prevendo a obrigatoriedade de certificação para empresas estatais com consumo de energia a partir de um determinado patamar.
- Possibilidade de integração com outros programas de eficiência energética, vinculando a certificação à incentivos já existentes.

- Necessidade de estruturação de ações envolvendo oferta e demanda pela ISO 50.001, incluindo aspectos que vão desde capacitação e premiação até estabelecimentos de mecanismos legais/infralegais;
- Falta de mecanismos de reconhecimento (premiação) de excelência, como Prêmio Nacional de Qualidade (PNQ) ou o programa *Superior Energy Performance 50.001* existente nos Estados Unidos.

5.4.4 Aprimoramentos no Programa Brasileiro de Etiquetagem de Bombas

Conforme apresentado no item 2.4.2.1, o Programa Brasileiro de Etiquetagem de Bombas cumpriu com êxito seu objetivo inicial, elevando o padrão de eficiência dos equipamentos no Brasil. Contudo, o programa atingiu um platô de eficácia, evidenciado pela estagnação e pelo descompasso técnico com os programas internacionais. A migração para um modelo baseado em MEPS, a adoção de métricas que avaliem cargas parciais e o incentivo à eficiência de sistemas completos são tendências globais das quais o Brasil não pode se abster. De fato, essa modernização está alinhada com as diretrizes governamentais, uma vez que a agenda regulatória do Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética (CGIEE) para 2024-2026 já prevê a implementação de índices mínimos de eficiência para bombas, com análise de impacto regulatório previsto para o segundo semestre 2025, passando por consulta pública no primeiro semestre de 2026 e publicação de resolução dos índices mínimos no segundo semestre de 2026.

Com base nesta análise, emergem algumas sugestões de aprimoramento para o PBE-Bombas, que poderiam ser avaliadas pelos órgãos competentes para a futura modernização do programa:

- **Estudo de avaliação de impacto:** não há no Brasil um estudo aprofundado do mercado de bombas e os rendimentos praticados. Embora seja um trabalho complexo, haja visto a grande quantidade de fabricantes e importadores, é necessário para dimensionar o impacto e os potenciais de economia de energia oriundos do PBE-Bombas e seus aprimoramentos futuros.
- **Implementação de MEPS:** Avaliar a viabilidade de estabelecer um cronograma para a proibição gradual das classes de menor eficiência (e.g., E e D), transformando o programa de informativo para transformador de mercado.

- **Adoção de Métrica Dinâmica:** Estudar a substituição das classes A-E por um índice numérico contínuo, como o MEI ou PEI, que seja calculado com base em múltiplos pontos de operação, refletindo de forma mais precisa o consumo de energia em condições reais.
- **Criação de Categoria para "Sistema Eficiente":** Considerar o desenvolvimento de uma classificação específica, inspirada no índice americano PEI_{VL}, para conjuntos motobomba com VFDs, de modo a incentivar a eficiência sistêmica, que representa a maior fronteira de economia de energia.
- **Reescalonamento Periódico:** Formalizar na regulamentação um compromisso de revisão e reescalonamento dos níveis de eficiência a cada 5-7 anos para garantir que o programa mantenha sua relevância e continue a impulsionar a inovação tecnológica.
- **Intensificação da Fiscalização no Mercado:** Fortalecer as ações de fiscalização e verificação da conformidade no varejo e em distribuidores, visando identificar fabricantes e importadores que não atendem aos requisitos mínimos. Um programa baseado em declaração, como o PBE, depende fundamentalmente da confiança nos dados fornecidos pelos fabricantes. A fiscalização contínua é essencial para coibir a comercialização de produtos não conformes ou com informações de desempenho incorretas, garantindo a isonomia competitiva e a credibilidade do programa perante o consumidor.

Conclui-se que a modernização do PBE-Bombas é um passo estratégico e necessário. A adoção de MEPS, a transição para uma métrica de desempenho dinâmico, a criação de incentivos para sistemas integrados e o compromisso com o reescalonamento periódico são ações fundamentais. A implementação dessas recomendações pode transformar o PBE em uma ferramenta mais poderosa, garantindo a competitividade da indústria e gerando benefícios econômicos e ambientais duradouros para o Brasil.

6 CONCLUSÃO

Ao longo deste trabalho a análise do Novo Marco Legal do Saneamento revelou a oportunidade de um novo paradigma para a gestão energética no setor, impulsionado pela convergência de três vetores de transformação: a reforma legal, a injeção de capital privado e a regulação centralizada.

O arcabouço legal (Lei nº 14.026/2020) estabeleceu a fundação, criando uma pressão por desempenho que é inegociável através das metas de universalização. O capital privado, atraído pela obrigatoriedade de licitações e pela segurança jurídica, fornece os meios financeiros para realizar os investimentos massivos em tecnologia, otimização operacional e modernização necessários para atender a essa pressão. Por fim, as entidades reguladoras estabelecendo as regras padronizadas, as métricas de desempenho (normas de referência) e o mecanismo de fiscalização para garantir que a pressão por eficiência seja aplicada de maneira consistente e que os resultados sejam medidos de forma transparente e comparável em todo o território nacional.

Apesar dos avanços significativos, a consolidação deste novo paradigma enfrenta desafios. A capacitação técnica da mão de obra é um gargalo potencial; é necessário formar engenheiros, técnicos e operadores capazes de projetar, implementar e manter a efficientização dos sistemas. A padronização e a qualidade dos dados reportados pelos operadores são cruciais para que a regulação por comparação da ANA seja efetiva. Por fim, é fundamental uma maior integração de políticas públicas entre o setor de saneamento (ANA, Ministério das Cidades) e o setor de energia (ANEEL, MME), e entidades privadas, como as ESCOs, a fim alavancar a aplicação da gestão energética no setor.

De acordo com o que foi exposto nos capítulos anteriores, o novo marco legal do saneamento pode ser um marco também na gestão energética dos prestadores de serviço de saneamento, uma vez que as exigências previstas pela nova legislação têm potencial para contribuir com transposição de desafios e barreiras da promoção da eficiência energética no setor.

Ao longo deste trabalho foram alcançados os objetivos propostos na introdução:

Caracterizou-se o setor de saneamento no Brasil, detalhando seu perfil de consumo energético e os desafios técnicos e econômicos associados, como o impacto direto das perdas de água no desperdício de energia.

Investigaram-se os impactos do Novo Marco Legal, identificando-o como o principal vetor de mudança. A análise demonstrou que a lei não apenas incentiva, mas obriga a busca por eficiência através de cláusulas contratuais e do fortalecimento do papel da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) como entidade reguladora e normalizadora.

Analisou-se a aplicação da norma ABNT NBR ISO 50001, concluindo que oferece um arcabouço metodológico robusto e adequado para que as concessionárias respondam a essas novas exigências de forma estruturada, superando a abordagem de ações pontuais e reativas. A análise evidenciou a pertinência de seus requisitos – como a Revisão Energética e a definição de Indicadores de Desempenho – para a realidade operacional do saneamento.

Propuseram-se diretrizes e estratégias que constituem a principal contribuição deste estudo. O modelo proposto articula a implementação do SGE com o alinhamento contratual, a viabilização de novos modelos de negócio como os Contratos de Desempenho (EPCs), a otimização tecnológica e propostas para o aprimoramento de políticas públicas, como o PBE-Bombas.

A principal contribuição desta dissertação é a elaboração de um arcabouço metodológico e estratégico que conecta, de forma inédita, os requisitos técnicos de uma norma de gestão internacional (ISO 50001) com as especificidades legais, regulatórias e de mercado do setor de saneamento brasileiro pós-Novo Marco Legal. O trabalho fornece um roteiro para que os prestadores de serviço transitem de uma gestão energética fragmentada para um modelo integrado, proativo e alinhado aos novos imperativos de competitividade e sustentabilidade. Ao fazer essa ponte, a pesquisa oferece valor tanto para os gestores e engenheiros das concessionárias quanto para os formuladores de políticas públicas e agentes reguladores que buscam fomentar a modernização do setor.

Recomendações para Trabalhos Futuros

A presente pesquisa, dada sua natureza teórico-analítica e documental, possui como principal limitação a não realização de um estudo de caso empírico para validar a aplicação prática das diretrizes propostas em uma concessionária brasileira. Essa limitação, contudo, abre caminhos para futuras pesquisas que possam aprofundar o conhecimento na área, como por exemplo:

- **Estudo de Caso Prático:** A aplicação do modelo estratégico proposto em uma ou mais empresas de saneamento, públicas ou privadas, para avaliar em campo

os resultados, as dificuldades de implementação, os custos e os benefícios obtidos, servindo como prova de conceito para o setor.

- **Análise Quantitativa do Potencial Nacional:** O desenvolvimento de um estudo macro para quantificar o potencial de economia de energia e de redução de custos em escala nacional, caso as diretrizes de gestão energética propostas fossem amplamente adotadas.
- **Análise da Perspectiva Regulatória:** Um estudo focado em como a ANA pode desenvolver sua futura norma de referência de eficiência energética, utilizando as análises e desafios apontados nesta dissertação para propor indicadores e mecanismos de fiscalização eficazes e aplicáveis à diversidade do setor no Brasil.

BIBLIOGRAFIA

AGÊNCIA BRASIL. Após privatização, Sabesp registra mais receita, demissão e vazamentos.

Agência **Brasil**, 26 jul. 2025. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2025-07/apos-privatizacao-sabesp-registra-mais-receita-demissoes-e-vazamentos>. Acesso em: 21 out. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA). **Normas de Referência Publicadas**. Brasília, DF: ANA, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/saneamento-basico/normas-de-referencia/normas-de-referencia-publicadas>. Acesso em: 21 out. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA). Nota técnica nº 11/2023/coaes/ssb. Disponível em: <<https://participacao-social.ana.gov.br/api/files/NT112023COAES-1703600590255.pdf>>.

AGÊNCIA SP. Desestatização da Sabesp garante R\$ 260 bilhões em investimentos, antecipa universalização e beneficia 10 milhões com saneamento. **Agência SP**, 25 dez. 2024. Disponível em: <https://www.agenciasp.sp.gov.br/sabesp-desestatizacao-do-governo-de-sp-garante-r-260-bilhoes-em-investimentos-antecipa-universalizacao-e-beneficia-10-milhoes-com-saneamento/>. Acesso em: 21 out. 2025.

ANGELAKIS, A. N.; et al. **Water supply and wastewater management in ancient civilizations**. *Water*, v. 13, n. 16, p. 2202, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS CONCESSIONÁRIAS PRIVADAS DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ÁGUA E ESGOTO (ABCON). **O impacto da proposta de novo marco regulatório no setor de saneamento**. São Paulo: KPMG, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 50001: Sistemas de gestão da energia — Requisitos com orientação para uso**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 50004 - Sistemas de gestão da energia — Guia para implementação, manutenção e melhoria de um sistema de gestão da energia da ABNT NBR ISO 50001**. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ISO 50006 - Sistemas de gestão de energia - Avaliação do desempenho energético utilizando indicadores de desempenho energético e linhas de base energética**. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

AEGEA. **Relatório Anual e de Sustentabilidade 2023**. 2023.

ÁGUAS DO RIO. **Programa de Redução de Perdas**. [s.d.]. Disponível em: <https://www.aguasdorio.com.br/reducao-de-perdas/>. Acesso em: 20 out. 2025.

BAHIA ET AL, S. R. **Eficiência energética nos sistemas de saneamento**. ELETROBRAS PROCEL, 1998.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). **Projeto de Concessão dos Serviços de Água e Esgotamento Sanitário da Região Metropolitana de Maceió**. 2020.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). **Concessão dos Serviços de Água e Esgotamento Sanitário do Bloco 3 (RJ)**. 2021a.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). **Projeto de Concessão dos Serviços de Água e Esgotamento Sanitário dos Blocos B e C de Alagoas**. 2021b.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). **Projeto de Concessão dos Serviços de Água e Esgotamento Sanitário do Amapá**. 2021c.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). **Leilão de saneamento do Amapá garante investimentos de R\$ 3 bilhões para universalização de água e esgoto**. 2021d.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). **Leilão da Cedae tem ágio de R\$ 11,6 bilhões e vai beneficiar 10 milhões de pessoas.** 2021e.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). **Desestatização da CORSAN.** 2022.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) - Relatório de Avaliação (PNE-1).** Brasília, DF: MCIDADES, 2011.

BRASIL. Lei no 9.984 de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA. 2000.

BRASIL. Lei no 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento. 2020.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Novo Marco do Saneamento: selecionados 51 projetos para acesso a R\$ 3,7 bi do FGTS.** Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/assuntos/noticias-1/noticia-mcid-1385>. Acesso em: 21 out. 2025.

BRASIL, Ministério das Cidades. **Panorama do saneamento básico no Brasil: cadernos temáticos para o panorama do saneamento básico no Brasil. vol. VII.** Ministério Das Cidades, v. II, n. 1, p. 647, 2011.

BRASIL, Ministério das Cidades. **Cidades apresentam desafios para universalizar saneamento.** Disponível em: <<https://www.gov.br/cidades/pt-br/assuntos/noticias-1/noticia-mcid-n-1467>>. Acesso em: 21 out. 2025.

CHEUNG, P. B.; VIANA, A. N. C.; DIAS JUNIOR, R. S. C. **Guias práticos - Avaliação de estações elevatórias**. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, 2016.

CHEUNG, P. B.; VIANA, A. N. C.; DIAS JUNIOR, R. S. C. **Guias práticos – Planejamento e boas práticas em campo**. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, 2016.

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO (CORSAN). **Corsan e prefeitura de Venâncio Aires assinam aditivo para universalização do saneamento**. 2023.

Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (DIEESE). **Visão geral dos serviços de água e esgotamento sanitário no Brasil**. 2016.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanço Energético Nacional 2023**: Ano base 2022. Rio de Janeiro: EPE, 2023.

EVO – Energy Valuation Organization. **Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance - Conceitos Básicos**. v. 2016

GOMES, Heber Pimentel et al. **Sistemas de Bombeamento - Eficiência Energética**. 1ª Edição. UFPB, 2009.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **São Paulo conclui oferta de ações da Sabesp e capitalização avança**. São Paulo: SP Notícias, 22 jul. 2024. Disponível em: <https://www.saopaulo.sp.gov.br/noticias-governo/sao-paulo-conclui-oferta-de-acoes-da-sabesp-e-capitalizacao-avanca/>. Acesso em: 21 out. 2025.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Avanços do Novo Marco Legal do Saneamento Básico no Brasil – 2024 (SNIS 2022)**. São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2024. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/avancos-do-novo-marco-legal-do-saneamento-basico-no-brasil-2024-snis-2022/>. Acesso em: 21 out. 2025.

*INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA) – Internation Energy Association. **Water Energy Nexus- Excerpt from the World Energy Outlook 2016.** IEA, p. 60, 2016.*

MARQUES, M.; HADDAD, J. MARTINS, A. R. S. (coordenadores). **Conservação de Energia: Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações.** 3ª Edição. p. 596. Itajubá: FUPAI, UNIFEI. 2006.

MAYS, L. W. (ed.). **Ancient water technologies.** Dordrecht: Springer, 2010.

NSW GOVERNMENT. **Energy Efficiency Opportunities in Wastewater Treatment Facilities.** OFFICE OF ENVIRONMENT & HERITAGE. 2019

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6: Água potável e saneamento.** Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/6>>.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.** Nova Iorque: ONU, 2015.

PHILIPPI JUNIOR, Arlindo; GALVÃO JUNIOR, Alceu de Castro. **Gestão do saneamento básico: abastecimento de água e esgotamento sanitário.** Barueri, SP: Manole, 2012.

PINTO, Á. B. A. **A gestão da energia com a norma ISO 50001.** Dissertação de mestrado em Engenharia da Energia – UNIFEI - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2014.

PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA (PROEESA). **Diagnóstico Digital 2020 do Setor de Saneamento no Brasil.** Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/arquivos/DiagnosticoDigitalSaneamentov2.pdf>. 2020.

PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA (PROEESA). Propostas para abordar a eficiência energética em normas de referência nacionais de saneamento. Disponível em <https://www.gov.br/cidades/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/arquivos/DiagnosticoDigitalSaneamentov2.pdf>.

programas/saneamento/arquivos/EficienciaEnergeticaNormasRegulatoriasSaneamento.pdf. 2021.

PROCOBRE. **Gestão De Energia - Guia para Aplicação da Norma ABNT NBR ISO 50001**. 2016

RIO DE JANEIRO (Estado). **Concessão dos serviços da Cedae vai universalizar saneamento básico e gerar 45 mil empregos**. 2021.

RODRIGUES, A. **Abastecimento de água: Informação para Eficiência Hidroenergética**. Editora Universitária UFPB, 2014.

S&P GLOBAL. **Climate Transition Assessment: Companhia de Saneamento Básico de São Paulo (SABESP)**. S&P Global Ratings, 27 maio 2025. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/9e47ee51-f833-4a23-af98-2bac9e54e0b3/0bb7f18f-9891-7a77-dc1f-ae23fd88a7b5?origin=1>. Acesso em: 21 out. 2025.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística. **Governo de SP abre consulta pública sobre novo contrato da Sabesp**. Semil, 15 fev. 2024. Disponível em: <https://semil.sp.gov.br/2024/02/governo-de-sp-abre-consulta-publica-sobre-novo-contrato-da-sabesp/>. Acesso em: 21 out. 2025.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Diagnóstico Temático de Energia Elétrica - Ano de Referência 2022**. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2023.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES EM SANEAMENTO BÁSICO (SINISA). **Painel de Informações - Ano de Referência 2023**. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2024.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES EM SANEAMENTO BÁSICO (SNIS). **Diagnóstico Temático de Água e Esgoto - SNIS 2023**. Disponível em: <www.snis.gov.br>.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 3. ed. São Paulo: Edusp, 2006.

VIKEN, T. **The history of the submersible pump**. World Pumps, v. 2017, n. 5, p. 34-37, 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Global costs and benefits of drinking-water supply and sanitation interventions to reach the MDG target and universal coverage**. Geneva: WHO, 2012.