



**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO
CURSO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO AMBIENTAL**

**LUCAS RAFAEL FERREIRA DE OLIVEIRA
NEWTON ROSA**

**DIAGNÓSTICO DO DESEMPENHO HIDRO ENERGÉTICO DE
ELEVATÓRIA DE ÁGUA PELA METODOLOGIA PROEESA**

**São Paulo
2023**



**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO
CURSO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO AMBIENTAL**

**LUCAS RAFAEL FERREIRA DE OLIVEIRA
NEWTON ROSA**

**DIAGNÓSTICO DO DESEMPENHO HIDRO ENERGÉTICO DE
ELEVATÓRIA DE ÁGUA PELA METODOLOGIA PROEESA**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Tecnologia
de São Paulo, como parte dos requisitos
para obtenção do título de Técnico em
Hidráulica e Saneamento Ambiental.
Orientador: Prof. Me Luiz Eduardo Mendes**

**São Paulo
2023**

Ferreira de Oliveira, Lucas Rafael

Rosa, Newton

DIAGNÓSTICO DO DESEMPENHO HIDRO ENERGÉTICO DE
ELEVATÓRIA DE ÁGUA PELA METODOLOGIA PROEESA /
Lucas Rafael Ferreira de Oliveira, Newton Rosa. São Paulo, 2023. 39p.

Orientador(a): Prof.Me. Luiz Eduardo Mendes

Trabalho de Conclusão de Curso - Faculdade de Tecnologia de São
Paulo – FATEC/SP, Curso de Tecnologia em Hidráulica e Saneamento
Ambiental, 2023.

1. Eficiência Energética. 2. Diagnóstico Hidroenergético. 3.
PROEESA. 4. SABESP

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho por
qualquer meio convencional ou eletrônico somente para fins de estudo
e pesquisa, desde que citada a fonte. (FATEC/SP)

RESUMO

A Estação de Água Tratada de São José dos Campos, também denominada ETA II, localizada na Av. Dr. Adhemar de Barros nº 100, Vila Adyanna é a principal Estação do Vale do Paraíba, onde com o auxílio de alguns poços profundos atende a uma população de 730.000 habitantes. O Departamento de Gestão de Energia e Eficiência Energética (TOG) da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), que coordena os processos energéticos na companhia, atua identificando oportunidades e na implantação de projetos de eficiência energética, investigou a Elevatória de Água Tratada, R3, que pertence à ETA II. Ao realizar no local um dos processos de identificação também conhecido como diagnóstico hidroenergético, foi constatado que os conjuntos de motobombas precisam ser mais eficientes, pois seus rendimentos não são satisfatórios. Isso é um problema, pois causa prejuízos operacionais para a empresa. O sistema de bombeamento em questão tem três linhas de recalque que se ramificam e se conectam principalmente às redes de distribuição do centro da cidade e da zona leste., constituído por 4 conjuntos motobombas, sendo 2 com potência de 400 CV junto com outros 2 de 250 CV e seus motores elétricos operando na tensão de 440V. O sistema R3 é encarregado de atender diretamente 25.000 ligações e indiretamente outras 80.000, atendendo continuamente uma população de 170.00 pessoas e através de interligações auxilia outros sistemas, elevando seu atendimento para um total de 400.000 pessoas, que representa 50% da população total de São José dos Campos, sendo a segunda cidade mais populosa do estado fora da região metropolitana da capital. Para identificar a necessidade de efficientização da Estação Elevatória De Água Tratada (EEAT), a proposta é de utilizar a metodologia apresentada pelo Programa de Eficiência Energética em Sistemas de Abastecimento de Água (PROEESA), sendo que esta ferramenta, demonstra métodos de coleta de dados para priorização de intervenções e cálculos práticos para avaliação de retorno do investimento. Com o uso desta ferramenta, pode ser possível identificar as intervenções necessárias com maior precisão, de modo a potencializar os retornos, otimizar os custos com equipes menores e ampliar as ações de eficiência energética. Os benefícios gerados para ação concretizada de forma positiva são enormes, pois podem evitar o desperdício de recursos financeiros ocasionados pelos altos custos de

energia elétrica, garantir segurança operacional no abastecimento proporcionado pelos novos equipamentos, menos tempo de máquina parada por quebra, a redução de emissão dos gases causadores do efeito estufa, dentre outros.

1. Eficiência Energética. 2. Diagnóstico Hidroenergético. 3. PROEESA. 4. SABESP

ABSTRACT

The São José dos Campos Treated Water Station, also called ETA II, located at Av. doctor Adhemar de Barros nº 100, Vila Adyanna is the main Station in Vale do Paraíba, where with the help of some deep wells it serves a population of 730,000 inhabitants. The Department of Energy Management and Energy Efficiency (TOG) of the Basic Sanitation Company of the State of São Paulo (SABESP), which coordinates the company's energy processes, identifies opportunities and implements energy efficiency projects, investigated the Treated Water, R3, which belongs to ETA II. When carrying out one of the identification processes on site, also known as hydroenergetic diagnosis, it was found that the sets of motor pumps need to be more efficient, as their yields are not satisfactory. This is a problem, as it causes operational losses for the company. The pumping system in question has three booster lines that branch out and connect mainly to the distribution networks in the city center and east zone. 250 CV and its electric motors operating at 440V voltage. The R3 system is responsible for directly answering 25,000 calls and indirectly another 80,000, continuously serving a population of 170,000 people and through interconnections it helps other systems, increasing its service to a total of 400,000 people, which represents 50% of the total population of São José dos Campos, being the second most populous city in the state outside the metropolitan region of the capital. In order to identify the need to make the Treated Water Pumping Station (EEAT) more efficient, the proposal is to use the methodology presented by the Energy Efficiency Program in Water Supply Systems (PROEESA), and this tool demonstrates data collection methods for prioritizing interventions and practical calculations for assessing return on investment. With the use of this tool, it may be possible to identify the necessary interventions with greater precision, in order to maximize returns, optimize costs with smaller teams and expand energy efficiency actions. The benefits generated by the action implemented in a positive way are enormous, as they can avoid the waste of financial resources caused by the high costs of electricity, guarantee operational security in the supply provided by the new equipment, less machine downtime due to breakage, the reduction of emissions gases that cause the greenhouse effect, among others. 1. Energy Efficiency. 2. Hydroenergetic Diagnosis. 3. PROEESA. 4. SABESP

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Evolução do consumo de energia elétrica e despesas com energia elétrica dos prestadores de serviço de saneamento - Fonte: www.snis.gov	23
Figura 2: Tela GEL Fonte: Do autor.	26
Figura 3: Relatório GEL Fonte: Do autor.	26
Figura 4: Grupos motobomba R3 - Fonte: Do autor	28
Figura 5: Analisador de energia - Fonte: Do autor	29
Figura 6: Tela supervisorio R3 - Fonte: Do autor.	30
Figura 7: Gráfico de medição vazão x pressão x potência - Fonte: Do autor.	31
Figura 8: Referência de valores para o indicador CEN – Fonte: FERREIRA e OLIVEIRA 2017.....	32

LISTA DE ABREVIATURAS

CE - Consumo de Energia

CEN - Consumo Específico de Energia Elétrica Normalizado

EEAT - Estação Elevatória De Água Tratada

ENEL - Distribuidora de Energia Elétrica - Entidade Nacional de Eletricidade

ETA - Estação de Tratamento de Água

GEL - Sistema de Gestão de Energia Elétrica

GWh - Gigawatt-Hora

Hz - Hertz

IWA - International Water Association

KW - Quilowatt

KWh - Quilowatt-Hora

L/s - Litros por Segundo

mA – Miliampere

mca – Metros de Coluna de Água

M³ - Metro Cúbico

MWh - Megawatt-Hora

PROEESA - Programa de Eficiência Energética em Sistemas de Abastecimento de Água

SAA - Sistema de Abastecimento de Água

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SNIS - Sistema Nacional De Informações Sobre o Saneamento

Taps - Torneiras

TOG - Departamento de Gestão de Energia e Eficiência Energética - SABESP

TIR - Taxa Interna de Retorno

TWh - Terawatt- Hora

VPL - Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	Motivação	9
1.2	Eficiência operacional nos sistemas de abastecimento	9
1.3	Eficiência energética nos sistemas de distribuição de água	11
2	OBJETIVOS	12
2.1	Objetivo geral.....	12
2.2	Objetivos específicos	12
3	REVISÃO DA LITERATURA	13
3.1	Indicadores básicos utilizados no saneamento.....	13
3.1.1	Para o indicador CE.....	14
3.1.2	Para o indicador CEN	15
3.1.2.1	Procedimento utilizado	16
3.1.2.2	Coleta inicial de dados	17
3.1.2.3	Avaliação do arranjo físico da instalação	18
3.1.2.4	Escolha dos medidores de Grandezas hidráulicas.....	19
3.1.2.5	Escolha dos medidores de grandezas elétricas	19
3.2	Matriz Energética X Matriz Elétrica	20
3.3	Perfil do setor de energia.....	21
3.4	Legislação vigente atualizada.....	21
3.5	Sistema nacional de informações saneamento (SNIS).....	22

3.6	<i>PROEESA</i>	23
4	<i>METODOLOGIA</i>	25
4.1	<i>Análise do contexto-problema a ser solucionado no presente estudo</i>	25
4.2	<i>Procedimento de medição do sistema R3</i>	27
4.3	<i>Cálculo do indicador CEN</i>	30
4.4	<i>Análise do diagnóstico</i>	32
4.5	<i>Proposição de projeto</i>	34
5	<i>RESULTADOS E DISCUSSÕES</i>	36
6	<i>CONCLUSÃO</i>	37
7	<i>REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO</i>	39
8	<i>ANEXOS</i>	42

1 INTRODUÇÃO

A água como elemento gerador da vida em todo o mundo há tempos é pauta de discussões, que vão desde sustentabilidade até estudos sobre energia. Tal fato apresenta a água como participante essencial no crescimento sustentável dos espaços urbanos e rurais, além das atividades produtivas. Seus aspectos ecológicos devem ser também considerados, portanto, influenciados e dependentes de um uso racional da água (MAGALHÃES, 2004). No mundo, aproximadamente um bilhão de pessoas têm acesso limitado ou dificultado à água potável. Além disso, os mananciais têm sido explorados e degradados com afinco. Com efeito, a Organização das Nações Unidas (ONU), declara que a água potável é um direito essencial ao ser humano, ou seja, uma necessidade básica que todos devem ter garantida, independentemente de sua condição social, econômica ou geográfica (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 1977).

No entanto, essa não é uma realidade para muitas pessoas no mundo, como mostra o dado mencionado anteriormente, que revela a falta de acesso à água potável em diversas regiões.

Uma das causas da população encontrar dificuldade no acesso à água potável é sua utilização para outros objetivos. A crescente demanda pela água para diversas finalidades e consequente intensificação da exploração do meio ambiente tornaram necessárias revisões do uso da água, bem como adoção de novas tecnologias e boas práticas a fim de tornar sua utilização mais racional e controlar melhor as perdas nos sistemas de abastecimento. De acordo com Baños et al. (2022), água e energia elétrica são insumos vitais para a manutenção de questões sociais e econômicas no desenvolvimento sustentável. Essa importância aumenta ainda mais quando se consideram as integrações entre um recurso e outro, a ver que a água é utilizada em vários processos de geração de energia elétrica, ao passo que o tratamento e bombeamento dela depende de grandes quantidades de eletricidade.

Boa parte da sociedade foi construída socialmente de forma a enxergar os recursos naturais como abundantes e infinitos, como se tais recursos fossem inesgotáveis. Após recentes crises hídricas e de energia elétrica, as pessoas passaram a conhecer as consequências desastrosas decorrentes de uma má administração da água e o meio em que ela está inserida (RODRIGUES, 2012).

1.1 Motivação

Os sistemas de abastecimento cada vez mais têm tido consumos maiores, o que conseqüentemente eleva o custo financeiro da operação (ANDRADE SOBRINHO e BORJA, 2016). Porque além de demandarem a utilização de água, necessitam de energia elétrica para seu funcionamento e quando ineficientes ou defasados tecnologicamente geram degradação ambiental.

Nos primórdios, a operação de um Sistema de Abastecimento de Água (SAA), comumente víamos não serem consideradas as perdas de água - justamente pelo conceito geral de que se trata de um insumo inesgotável e abundante, de boas características físicas e químicas (RODRIGUES, 2012). Equivocadamente, não se considera somente, neste caso, a perda da água como também era comum notar que a energia elétrica seria considerada por diversos fatores, que vão desde subsídios concedidos pelos governos, como também não estarem bem delimitados no orçamento das companhias de saneamento (RODRIGUES, 2012).

No que concerne aos SAA, a energia elétrica é primordial, uma vez que se depende dela para captar, tratar, bombear, transportar e distribuir o insumo líquido. Em diversas companhias de saneamento do Brasil, esse custo é o segundo maior do sistema de tratamento e abastecimento de água (SNIS, 2011).

Estimou-se no Plano Nacional de Eficiência Energética um consumo de energia no setor de abastecimento de água de aproximadamente 10 Terawatt- Hora (TWh)/ano, o que representa 2,6% do consumo total do País. Nesse plano, foi apresentado o potencial técnico de recuperação de recuperação de energia elétrica de 2,62 TWh, apenas com a redução de perdas reais de água (BRASIL, 2016).

1.2 Eficiência operacional nos sistemas de abastecimento

Para garantir que os sistemas de abastecimento de água funcionem bem e operem com qualidade, existem alguns indicadores que medem o desempenho desses sistemas, um dos aspectos mais importantes é evitar o desperdício de água e de energia elétrica, assim, as empresas que na área de saneamento devem buscar reduzir as perdas de água e o consumo de energia elétrica em seus processos, dessa forma, elas podem economizar recursos, preservar o meio ambiente e atender melhor às necessidades dos usuários, inclusive aqueles que ainda não têm acesso à água tratada. (DUARTE, 2018).

Considerada uma das maiores medidas de indicação de desempenho operacional de contratos de abastecimento hídrico no mundo, a perda de água pode ser identificada em várias partes de um sistema, desde o momento de sua captação até a distribuição (ANDRADE SOBRINHO e BORJA, 2016). No entanto, a magnitude desse desfalque deverá depender da localização de onde ela está ocorrendo (ReCESA, 2008).

De acordo com dados do diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto do Brasil, a média de perdas de água na distribuição dos sistemas brasileiros foi de 40,3%, valor esse muito superior ao observado em países de maior maturidade na gestão hídrica, como alguns países europeus, com média inferior a 15% e o Japão que é inferior a 10% (SNIS, 2011).

A Lei Federal da Política Nacional de Saneamento Básico, estabelece o uso racional de água e energia elétrica, bem como outros recursos naturais, sempre em conformidade com os serviços que serão prestados. E segundo Gomes e Bezerra (2009), as perdas de água geram prejuízos aos sistemas de abastecimento, como o desperdício de elementos químicos, de energia elétrica, mão de obra e causa escassez ou anormalidade hídrica a mananciais e áreas naturais.

Tais prejuízos impactam a cadeia de produção de água das companhias, o que ocasiona a elevação do custo final da água produzida, o reduz a capacidade financeira das empresas, de forma a provocar a redução de recursos para manutenção e expansão do sistema (CARMO *et al*, 2022).

Essas condições pressionam as concessionárias a buscar ao máximo a diminuir de perdas e por consequência a redução de consumo de energia elétrica. É afirmado por Santos (2010) que o impacto das perdas de um SAA, sobre o aumento de consumo de energia elétrica chega a 50%.

Tal conclusão é enfatizada por Duarte (2018), que afirma que minimizando as perdas totais dos sistemas, consequentemente há um menor consumo de energia elétrica, deste modo, torna-se menor a necessidade de ampliação deles.

Afinal, o volume de água produzido que antes não chegava ao usuário passa a ser contabilizado e distribuído e a considerar que o sistema esteja com abastecimento pleno, portanto não haverá desperdício de produtos químicos, tampouco energia elétrica.

Com essa redução em perdas, há maior preservação dos recursos naturais e abreviação de custos relacionados à produção, à distribuição hídrica, ao consumo de

energia elétrica e de mão de obra, bem como a diminuição de racionamentos - o que torna o funcionamento dos SAA mais eficaz, econômico e rápido, mitigando crises (BELONI e PAPELA, 2015). Uma vez que, segundo o ReCESA (2008), as perdas de água estão diretamente ligadas ao uso de energia pois para produzir 0,6 quilo watt hora (kwh) é necessário 1,0 metro cúbica (m³) de água.

1.3 Eficiência energética nos sistemas de distribuição de água

PEREIRA e CONDURU (2014), afirmam que a falta de controle e detalhamento acerca dos valores de consumo de energia elétrica e demais recursos no setor de saneamento prejudica diretamente o planejamento e as ações de eficiência energética nos serviços prestados. Estima-se que a ineficiência energética no saneamento básico seja de 25 a 30% (GOMES, 2009). Tal ineficiência gera encargos e custos que, por sua vez, são repassados ao consumidor final na tarifa.

É necessário garantir eficiência energética dos sistemas para que não haja problemas como racionamento de eletricidade, falta de água ou desperdício de recursos, é preciso usar a energia de forma consciente e econômica.

Isso ajuda a melhorar o desempenho das companhias de saneamento e a reduzir os custos dos serviços de água e esgoto, que dependem da energia elétrica, assim, evita-se que os usuários tenham que pagar por tarifas mais elevadas pelo serviço disponibilizado. (DUARTE, 2018).

Parte dessa eficiência é obtida ao garantir que exista uma boa modelagem hidráulica no sistema adotado, de forma que esse funcione com um bom desempenho hidroenergético, garantindo assim que os conjuntos motobomba operem com elevados índices de eficiência energética.

Em suma, o presente estudo será embasado na avaliação hidroenergética realizada em um sistema real de bombeamento, onde foram avaliadas as condições operacionais e implementadas as diretrizes do indicador de eficiência energética CEN, seguindo premissas do Programa de Eficiência Energética em Sistemas de Abastecimento de Água, o PROEESA, com o resultado do diagnóstico do desempenho hidroenergético desta elevatória de água, propor uma ação de melhoria da eficiência energética.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo do presente estudo é analisar o desempenho hidroenergético de uma estação elevatória de água, onde as medições realizadas buscam, por meio de metodologia PROEESA, mostrar a condição operacional desse sistema, a partir dos resultados apurados nas aquisições dos dados e, mediante os valores reais das grandezas elétricas e hidráulicas e avaliar a condição do equipamento motor bomba.

Por meio da análise teórica de toda a bibliografia consultada, os valores das grandezas obtidas serão utilizados para determinação dos indicadores de eficiência energética.

2.2 Objetivos específicos

- Revisar bibliografia pertinente acerca da temática geral e compreender, por meio dela, todo o embasamento teórico que permeia os estudos hidráulicos e de energia.
- Demonstrar, por meio de análise bibliográfica, o desenvolvimento prático aplicado em campo e a possibilidade de aumento da eficiência energética de uma estação elevatória de água;
- Utilizar o sistema PROEESA como fundamentação para a revisão da eficiência energética de determinados SAA e os conceitos para retorno do investimento;

3 REVISÃO DA LITERATURA

As intervenções, no âmbito da eficiência energética em sistemas de abastecimento de água, são algo que vêm ganhando cada vez mais força e visibilidade dentro das companhias de saneamento, dado que são empresas eletrointensivas, ou seja, são empresas que tem um altíssimo consumo de energia elétrica em seus processos, chegando a serem excessivas (ENEL, 2021).

Diante de tais oportunidades, surgiram vários instrumentos de fomento para as iniciativas nesse segmento, fenômeno esse que é extremamente benéfico, pois além de favorecer o consumidor com valores mais atrativos e interessantes, atrai fornecedores e estimula a concorrência (BAÑOS et al, 2022).

No entanto, aplicar o retrofit (modernização) em sistemas de bombeamento exige ações de muitas variáveis e de altíssima complexidade, tais como: conhecer o volume que é demandado; identificar os pontos de perda de carga distribuídos ao longo da tubulação; a forma como está o nível de incrustação, bem como se as válvulas estão funcionando adequadamente; entre outros (DE FERREIRA e DE OLIVEIRA, 2017).

3.1 Indicadores básicos utilizados no saneamento

Carmo et al, 2022, atestam que os sistemas de saneamento se utilizam de energia elétrica para exercer trabalho nos equipamentos de bombeamento do sistema, mais especificamente nos conjuntos motobomba, onde o potencial elétrico é convertido em energia mecânica na transferência dessa energia para o meio líquido, fazendo assim a água percorrer as tubulações.

No decorrer dos anos de operação os componentes dos equipamentos que geram trabalho para levar a água para os mais variados lugares, passam por processo de degradação e desgaste, seja pelo simples fato de atrito com o líquido, produtos químicos utilizados no tratamento, oscilação da energia elétrica, dentre muitos outros motivos (MACINTYRE, 1997).

Tais fatos levam a bomba que é responsável por impulsionar o fluido pelo sistema de tubulação, bem como o motor elétrico, que é responsável pela força motriz, a perderem a eficiência no contexto que foram projetados, ou seja, com o tempo, passam a utilizar energia de forma excessiva para produzir a mesma quantidade de trabalho.

Visando essas condições características, as quais estão sujeitas as máquinas girantes, mais especificamente nos sistemas hidráulicos para bombeamento de água, foram desenvolvidos alguns parâmetros indicadores, que são capazes de identificar e expor quais os níveis de eficiência que estão operando as estações de água tratada de uma determinada localidade (GOMES e BEZERRA ,2009).

É imprescindível para os profissionais, prestadores de serviço de saneamento, conhecerem a dinâmica de utilização desses indicadores de desempenho nos sistemas de abastecimento de água. Por exemplo, fazer o acompanhamento contínuo do desempenho e consumo de energia para a entrega de cada m³ de água, de modo a se o equipamento deve ser mandado para a manutenção ou até mesmo, em qual momento, ele deve ser substituído por conjuntos motobomba novos, quando observado que seu rendimento está abaixo do esperado.

Assim como exemplificado por GOMES (2009), atualmente os mais utilizados dentre os indicadores de desempenho operacional em sistemas de abastecimento de água limpa é o CE (Consumo Específico de Energia Elétrica) e o CEN (Consumo Específico de Energia Elétrica Normalizado), estes que, para serem obtidos, faz-se necessário dispor das medições de:

1) Grandezas elétricas:

- a) tensão;
- b) corrente;
- c) potência;
- d) fator de potência.

2) Grandezas hidráulicas:

- a) vazão;
- b) pressão.

3.1.1 Para o indicador CE

O CE, na condição de indicador mais utilizado, é expresso pela unidade de medida kWh/m³, ou seja, representa quantos quilowatts hora consome um equipamento para que seja bombeado um metro cúbico de água (Consumo de energia/Volume Bombeado). Para que seja possível obter o resultado deste indicador, é preciso que seja medido o consumo elétrico da instalação em kWh, juntamente com o volume bombeado de água em metros cúbicos no mesmo período. Tendo-se em

mãos esses montantes apurados, basta dividir o valor do consumo de água bombeada, para que se tenha o resultado referente ao indicador CE dado em kWh/m³ (GOMES, 2009).

3.1.2 Para o indicador CEN

O indicador de desempenho CEN ou Ph5 da IWA, conforme a utilização no PROEESA (Programa de Eficiência Energética em Sistemas de Abastecimento de Água), do Ministério do Desenvolvimento Regional, mede a eficiência energética normalizada de sistemas de bombeamento de água em um determinado período de referência.

O cálculo desse indicador CEN envolve diversas variáveis de entrada: o volume total de água que for bombeado no período de referência, a altura manométrica total a ser superada pelo sistema e, finalmente, o total de energia elétrica consumida pelos conjuntos motobombas.

O indicador CEN converte todas as estações elevatórias para uma mesma unidade, sendo que o mesmo indica quanto é a energia usada para levar um metro cúbico de água a 100 m de altura. Esta conversão permite equiparar diferentes motobombas, estações elevatórias e prestadores de serviço.

$$CEN = \frac{(E \cdot 100)}{(V \cdot H)} \cdot \left[\frac{kWh}{m^3 \cdot 100m} \right]$$

Onde:

- E = o consumo total de eletricidade do sistema de bombeamento no (kWh);
- V = montante água bombeado (m³)
- H = pressão aferida do sistema em metros de coluna de água (mca)

Todas as grandezas físicas devem ser adquiridas sobre a mesma base de tempo.

De acordo com FERREIRA e OLIVEIRA (2017), o Indicador CEN pode ser convertido em rendimento percentual da seguinte maneira:

$$\eta = \frac{0,2725}{CEN \cdot 100}$$

η = rendimento em%

A forma como operacionalizar e obter o resultado do indicador CEN, consiste em calcular para cada período de aquisição e de integração de dados, por exemplo, a cada um minuto, para que seja obtida a correspondente classificação, de forma a evidenciar os períodos em que o sistema de bombeamento opera com o desempenho bom, mediano ou insuficiente. E, ao final, calcular a média dos indicadores CEN e correspondente forma percentual e classificação.

O desempenho de um sistema de bombeamento pode ser classificado por meio do indicador CEN apresentado na tabela abaixo, correlacionando as faixas de qualificação dos valores do CEN e dos rendimentos de referência.

Tabela 1: Classificação indicador CEN

Intervalo de potências (kW)		Valores sem credibilidade (%)	Rendimento insuficiente e baixa confiabilidade (%)	Rendimento insuficiente (%)	Rendimento mediano (%)	Bom rendimento (%)	Bom rendimento, mas baixa confiabilidade (%)	Valores sem credibilidade (%)
de	a							
5,6	15,7	Inferior a 16%	de 16% a 20%	de 20 a 52%	de 52% a 64%	de 64% a 83%	de 83% a 120%	superior a 120%
15,7	38	Inferior a 16%	de 16% a 20%	de 20 a 56%	de 56% a 68%	de 66% a 83%	de 83% a 125%	superior a 125%
38	96	Inferior a 16%	de 16% a 20%	de 20 a 60%	de 60% a 72%	de 72% a 83%	de 83% a 131%	superior a 131%
96	261	Inferior a 16%	de 16% a 20%	de 20 a 64%	de 64% a 72%	de 72% a 83%	de 83% a 131%	superior a 131%

Fonte: ProEEsa

3.1.2.1 Procedimento utilizado

Com relação à avaliação de desempenho de um sistema de bombeamento, é necessário que sejam obtidas as seguintes grandezas envolvidas no bombeamento, em termos de grandezas e elétricas.

a) Grandezas Hidráulicas:

- Vazão de recalque em litros por segundo (L/s);
- Pressão de recalque (mca);
- Pressão de sucção (mca).

b) Grandezas Elétricas

- Potência Elétrica (quilo watt kW);
- Frequência entregue ao motor (hertz Hz);

Para a medição dessas grandezas é necessário um planejamento adequado, compreendendo as seguintes etapas, necessária para a coleta inicial dos dados;

- a. Avaliação da instalação quanto a disponibilidade de dados de medição hidráulica ou a existência ou não de torneira (*taps*), nas tubulações de água para inserção de instrumentos de medição;
- b. Seleção dos medidores adequados às faixas de medição de vazão e pressão;
- c. Avaliação da instalação quanto a acessibilidade de pontos com tensão e corrente, para a inserção de instrumentos e, assim, realizar medição dessas grandezas elétricas;
- d. Elaboração do plano de medição.

3.1.2.2 Coleta inicial de dados

De acordo com GOMES e BEZERRA (2009), os dados iniciais que são necessários para a elaboração da medição são os seguintes:

- a. Tipologia do sistema de bombeamento:
 - Estação elevatória de água bruta/captação;
 - Estação elevatória de água tratada;
 - Booster.
- b. Tipo de sucção do sistema:
 - Afogada;
 - Não afogada.
- c. O sistema de bombeamento se presta a:
 - Adução;
 - Recalque para a distribuição em marcha ou para reservatório;
 - Operação de sistemas em ETAs;
 - Regra operacional do sistema de bombeamento;
 - Marca, modelo, diâmetro do rotor instalado, curva da bomba e data de fabricação;
 - Ponto de trabalho da bomba: vazão e altura manométrica total;
 - Potência, tensão, número de polos e data de fabricação do motor de acionamento da bomba.
- d. Tipo de partida aplicada no acionamento do motor:
 - Direta;

- Estrela/triângulo;
- Compensada;
- Suave (soft starter);
- Conversor de frequência.
- Medidor de vazão no recalque.

Observação: caso exista sistema de medição de vazão, verificar se este está ligado a um sistema supervisorio de controle de dados para a obtenção de um histórico das vazões do sistema (memória de massa). Em caso contrário, avaliar a instalação.

- e. Tipo de medidor de grandezas elétricas, disponível no quadro elétrico do recalque:
- Observação: caso exista sistema de medição de grandezas elétricas, verificar se este está ligado a um sistema de registro de dados para a obtenção de um histórico dessas grandezas do sistema (memória de massa). Em caso contrário, avaliar a instalação.

3.1.2.3 Avaliação do arranjo físico da instalação

Para a elaboração do trabalho de medição deve-se avaliar o local onde a mesma será realizada, bem como levantar quais são as possíveis dificuldades na instalação do sistema de medição.

Deve-se conhecer, em detalhes, o sistema hidráulico, para que possa ser realizada as medições das grandezas hidráulicas a fim de:

- a. Avaliar a tubulação de recalque do sistema e determinar o melhor ponto para a instalação dos medidores necessários para o trabalho de medição das grandezas hidráulicas;
- b. Atentar que, para a medição das grandezas elétricas deve-se utilizar do diagrama unifilar dos quadros elétricos da instalação/recalque a fim de:
- c. Determinar o melhor ponto para a instalação dos medidores;
- d. Determinar as relações de transformação de tensão e corrente para as medições indiretas;
- e. Selecionar os equipamentos adequados para compatibilizar as faixas de medição dos medidores de grandezas elétricas ao sistema elétrico já existente.

3.1.2.4 Escolha dos medidores de Grandezas hidráulicas

Os medidores de vazão e de pressão de água devem ser escolhidos em função da ordem da grandeza a ser medida.

Visando a melhor precisão dos valores obtidos, deve ser seguida a seguinte regra: o valor aproximado ou conhecido da vazão/pressão a ser medida deve estar situado o mais próximo possível do ponto médio da escala do medidor selecionado, evitando assim medir valores perto do início ou do fim da escala, pois essas são de zonas de baixa precisão de medição, como exemplo, pode-se citar: “sabendo-se que a linha de recalque do sistema de bombeamento tem a ordem de grandeza de 80 mca, o medidor de pressão adequado deve ter uma escala de pressão que varie de 0 até 160 mca” (FAMABRÁS, 2022).

Se selecionado dessa forma o medidor funcionará em sua melhor faixa de precisão operacional.

3.1.2.5 Escolha dos medidores de grandezas elétricas

Os medidores de grandezas elétricas a serem utilizados para tais medições devem possuir sondas de corrente e terminais de tensão a fim de atender à gama de tensões e correntes a serem medidas.

Os pontos para medição devem estar disponíveis em baixa tensão, seja por meio do secundário dos transformadores de potencial (TPs) ou mesmo medidas diretamente e, as correntes disponíveis por meio do secundário dos transformadores de corrente (TCs) ou também medidas diretamente.

Tais medidores devem dispor de dispositivos de armazenamento (memória de massa) que sejam suficientes para a coleta e retenção dos dados, por um determinado período.

Devem ser tomadas algumas precauções no planejamento e na execução das medições, sendo essas:

- a. Atender aos requisitos de segurança e saúde no trabalho e normas regulamentadoras;
- b. Verificar o horário dos relógios dos medidores, em situações que os dispositivos estejam disponíveis.

Ideal que relógios internos de todos os medidores estejam sincronizados, uma vez que a defasagem entre os horários de medição das diversas grandezas a serem

correlacionadas podem acarretar erros nos cálculos e, assim, aumentam sua imprecisão.

Para que se registrem os dados por um determinado período, deve-se ajustar todos os medidores usando taxas de amostragem iguais, ou seja, o mesmo período de aquisição e integração de dados para todos os medidores. Assim evita-se processos adicionais de filtragem e arranjos matemáticos em planilhas de cálculo.

Exemplificando, todos os medidores devem registrar as suas grandezas a cada período de um minuto, dez minutos ou qualquer outro intervalo que seja compatível com o objetivo desejado.

É cabível utilizar, preferencialmente, a sincronização do horário do início das medições via programação dos medidores, devido à dificuldade de sincronia, quando acionado manualmente o início da medição dos vários medidores.

Para a alimentação elétrica dos equipamentos de medição, devemos conectá-lo preferencialmente a rede elétrica de serviços auxiliares, ou seja, independente do sistema elétrico que alimenta os motores que serão medidos;

Os motores devem ser instalados em local protegido e seguro, visando dificultar a ação de “curiosos” e invasores que possam ter acesso aos equipamentos e comprometer o andamento das medições.

Na fase de planejamento, cabe envolver a área operacional da instalação e sua gerência para que se estabeleça um calendário que não traga nenhum impacto negativo ao serviço operacional das instalações que operam em conjunto com a instalação que está sendo avaliada. Neste contexto, é fundamental o apoio dos profissionais da área operacional, com boa experiência e conhecimento, da instalação sob o processo de medição. Na maioria dos casos, esses profissionais dispõem de informações práticas e não documentadas que podem subsidiar o resultado das medições, caso não sejam conhecidas e avaliadas na etapa de planejamento.

No que tange às medições realizadas em quadro elétrico com conversor de frequência, deve-se instalar o medidor de grandezas elétricas a jusante deste, de modo a registrar a variação da frequência entregue ao motor.

3.2 Matriz Energética X Matriz Elétrica

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), órgão do governo nacional, a matriz energética representa um conjunto de fontes de energia disponíveis para qualquer finalidade, podendo gerar os mais variados tipos de energia, luminosa,

elétrica, térmica, entre outras. Os vários tipos de energia têm os mais variados usos no cotidiano, que vão desde preparar refeições no fogão, mediante a transformação das energias elétricas e química em energia térmica, até acender uma lâmpada, com a transformação das energias elétrica e mecânica (ao acionar o interruptor) em luminosa e. Outro exemplo a se destacar consiste na realização de viagens de automóveis, por meio da conversão das energias elétrica e química em térmica e por sua vez mecânica, o que reforça a presença das matrizes energéticas em praticamente todos os momentos do dia a dia auxiliando as tarefas mais básicas.

A EPE considera que o conceito de matriz elétrica seja um agrupamento de fontes disponíveis, destinadas apenas para gerar energia elétrica.

Nesse contexto, cabe distinguir que matriz energética é o conjunto de fontes disponíveis para gerar energia para qualquer finalidade, enquanto que, matriz elétrica é o conjunto de fontes disponíveis para criar apenas energia elétrica, o que a define como parte da matriz energética.

Contudo faz-se necessário salientar que, segundo informação do governo federal, a matriz elétrica brasileira é um exemplo para o mundo todo, visto que 82,9% de toda energia elétrica produzida no Brasil vem de fontes renováveis (BRASIL, 2001).

3.3 Perfil do setor de energia

São Paulo sendo a unidade federativa que mais gera riquezas e possui a maior população do Brasil, estima-se, segundo dados da Secretaria Estadual de Energia e Mineração (2020), as concessionárias de energia que atuam no estado apontam aproximadamente 45 milhões de consumidores em 2021, sendo distribuídos naquele ano 135.296 Giga Watt hora (GWh).

Ainda conforme indicado pela SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE (2022), referente ao município de São José dos Campos, aparece na lista dos 15 maiores consumidores do estado de São Paulo que representa cerca de 50%, ocupando a 12ª posição, consumindo próximo a 19 GWh no ano de 2021.

3.4 Legislação vigente atualizada

A Lei Federal 10.295/01 se destaca na legislação nacional por regulamentar a eficiência energética, a qual foi atualizada pelo Decreto Federal nº9864/19. Segundo consta no texto da Lei Federal 10.295/01 que, também é conhecida como Lei de

Eficiência Energética, onde são determinadas as disposições sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, enquanto, a atualização do decreto de 2019 regulamenta essas disposições nesse contexto.

Em suma, a Lei Federal 10.295/01 e o Decreto Federal 9864/19 tratam e determinam os níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, referentes às máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados e comercializados no Brasil. Isso significa que, tais indicadores devem ser avaliados com base em valores técnicos pertinentes e economicamente viáveis. Tal política visa a alocação mais eficiente de recursos energéticos e a preservação do meio ambiente. Os níveis máximos de consumo de energia ou níveis mínimos de eficiência energética de máquinas consumidores de energia fabricados ou comercializados no País, serão regulamentados pelo disposto neste Decreto, com base em indicadores técnicos, por meio do Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética, sob a coordenação do Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2019).

O decreto delega à Agência Nacional de Energia Elétrica, ao Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, à Empresa de Pesquisa Energética, às Secretarias-Executivas do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica e do Programa Nacional de Racionalização de Uso de Derivados de Petróleo e do Gás Natural, o papel de fornecerem apoio técnico necessário ao Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética. Esse Comitê Gestor, por sua vez, deverá ser composto por representantes do Ministério de Minas e Energia, da Ciência, da Secretaria Especial de Produtividade e Competitividade, da ANEEL, da ANP, além de dois técnicos especialistas em energia, sendo um acadêmico e o outro, um cidadão brasileiro.

3.5 Sistema nacional de informações saneamento (SNIS)

O Ministério do Desenvolvimento Regional é o detentor do maior e mais importante sistema de informações do setor de saneamento no Brasil, conforme definido pelo Governo Federal, estabelece o SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, o qual é gerenciado pela Secretaria Nacional de Saneamento. As informações contidas em seus bancos de dados são enviadas compulsoriamente pelos próprios agentes tornando o SNIS o mais relevante em informações técnicas e compulsórias para o setor de saneamento. Deste modo, todos os departamentos

disponibilizam as informações, sob vários prismas, como financeiro, comercial, contábil, operacional, dentre vários (SNIS, 2022).

De acordo com a publicação no relatório da própria autarquia, intitulado "Diagnósticos dos Serviços de Água e Esgoto" e pertencente ao Sistema Nacional de Informações de Saneamento do Ministério de Desenvolvimento Regional do Governo Federal, por meio da Secretaria Nacional de Saneamento – SNS (2019), os prestadores de serviço de saneamento, participantes do SNIS consumiram 13,26 TWh de energia elétrica, sendo que 11,84 TWh representam os sistemas de abastecimento de água (AG028) e 1,42 TWh representa os serviços de esgotamento sanitário (ES028), resultando em despesa financeira superior a R\$ 7,12 bilhões (FN013).

De acordo com os dados do Sistema Nacional de Informações em Saneamento (SNIS), observou-se nos últimos anos, o crescente consumo de energia elétrica no setor de saneamento. O gráfico da Figura 1, ilustra a evolução do consumo de energia elétrica na operação, manutenção e funcionamento no tratamento de água e na coleta de esgoto:

Figura 1: Evolução do consumo de energia elétrica e despesas com energia elétrica dos prestadores de serviço de saneamento



Fonte: www.snis.gov

3.6 PROEESA

O Programa de Eficiência Energética em Sistemas de Abastecimento de Água (PROEESA) é constituído pela cooperação entre órgãos federais, nacionais e

internacionais, idealizado no Brasil através da Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH - GIZ), em conjunto com a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA) e o Ministério Federal da Cooperação Econômica e do Desenvolvimento (BMZ) da Alemanha (FERREIRA *et al*, 2020).

Segundo FERREIRA *et al* (2020) o PROEESA encontra-se atualmente na fase dois, iniciada em agosto de 2019. O Ministério do Desenvolvimento Regional desde essa data atua na melhoria das condições para implantação de medidas nas entidades prestadoras de serviço e reguladoras, que tem por objetivo reduzir despesas de eletricidade e seus consumos, por meio de melhorias e conservação das redes de distribuição, de instalações de bombeamento de água e a elaboração de novas medidas de regulação nesse setor.

4 METODOLOGIA

4.1 Análise do contexto-problema a ser solucionado no presente estudo

Também denominada ETA II, a Estação de Tratamento Água de São José dos Campos, que se localiza na Av. Dr. Adhemar de Barros nº100, Vila Adryanna, é a principal estação da região do Vale do Rio Paraíba, que com o auxílio de alguns poços de grande profundidade, atende à população local de aproximadamente 730.000 habitantes, com pouco de 182 mil famílias, das mais variadas classes sociais (IBGE, 2020).

O Departamento de Gestão de Energia e Eficiência Energética da SABESP (TOG), responsável pela coordenação dos processos e assuntos energéticos, que de forma contínua busca oportunidades para implantação de projetos de eficiência energética na companhia, identificou o potencial que a Elevatória de Água Tratada R3, que pertencente à ETA II, poderia proporcionar vantagens em termos de ganhos físicos e financeiros no uso nacional de energia elétrica.

O diagnóstico hidroenergético destaca-se, dentre as principais atividades desenvolvidas pelo TOG no âmbito da eficiência energética aplicada no contexto da SABESP. Como base de auxílio para a seleção dos pontos de consumo, utilizou-se a ferramenta GEL[®], que consiste em um sistema informatizado de gestão de energia elétrica (Figura 2) que, através de relatórios gerenciais de consumo de energia elétrica em quilo watt hora (kWh) foi possível vislumbrar uma oportunidade de melhoria na ETA II, visto à sua representatividade, em termos de alto consumo deste insumo energético.


Após a emissão de relatórios de consumo (Figura 3), foi constatado que a referida instalação representa demanda grande quantidade energia elétrica, assim, foi decidido internamente pela equipe técnica do TOG, realizar uma visita de campo ao local, a fim de conhecer as características físicas da estação.

Figura 2: Tela GEL



Fonte: Intranet SABESP.

Figura 3: Relatório GEL

		Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo G.E.L. - Sistema de Gerenciamento de Energia Elétrica GELR02003 Relatório de Consumo (12 meses)							Pg: 0001 12/09/2022 16:44:43
Período: 06/2021 Mês de Referência Un. Responsável: RV - EM VALE DO PARAITA Un. Consumidora: Un. Contabilização: Modalidade: TUDO VERDE Subgrupo: AV - TENSÃO DE FORNECIMENTO Município: SÃO JOSÉ DOS CAMPOS Produto-Segmento: ÁGUA - TRATAMENTO Distribuidora: SANEAMENTO ENERGIA S/A									
UNIDADE	TI	JULHO/20	AGOSTO/20	SETEMBRO/20	OUTUBRO/20	NOVEMBRO/20	DEZEMBRO/20	% Repreca Total	
	PO	JANEIRO/21	FEBREIRO/21	MARÇO/21	ABRIL/21	MAIO/21	JUNHO/21		
SUPERINTENDÊNCIA MV	F	88.098,36	85.287,88	89.320,56	84.849,44	80.088,12	86.778,08		
	I	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	FP	995.305,50	1.026.682,64	1.044.653,40	1.062.683,66	1.011.735,06	1.040.431,98		
	TOT	1.083.403,86	1.111.969,72	1.133.973,96	1.157.543,10	1.091.823,18	1.127.210,06		
	IP	93.363,06	84.194,04	110.518,64	87.880,46	93.483,60	84.141,96		
	I	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	FP	1.072.731,66	961.582,44	1.078.503,72	1.022.189,02	1.044.916,32	982.619,14	100,000	
TOT	1.166.094,72	1.045.776,48	1.189.023,36	1.110.078,48	1.138.399,92	1.066.760,10	13.431.896,94		
DIRETORIA W	F	88.098,36	85.287,88	89.320,56	84.849,44	80.088,12	86.778,08		
	I	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	FP	995.305,50	1.026.682,64	1.044.653,40	1.062.683,66	1.011.735,06	1.040.431,98		
	TOT	1.083.403,86	1.111.969,72	1.133.973,96	1.157.543,10	1.091.823,18	1.127.210,06		
	IP	93.363,06	84.194,04	110.518,64	87.880,46	93.483,60	84.141,96		
	I	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	FP	1.072.731,66	961.582,44	1.078.503,72	1.022.189,02	1.044.916,32	982.619,14	100,000	
TOT	1.166.094,72	1.045.776,48	1.189.023,36	1.110.078,48	1.138.399,92	1.066.760,10	13.431.896,94		
TOTAL SABESP	F	88.098,36	85.287,88	89.320,56	84.849,44	80.088,12	86.778,08		
	I	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	FP	995.305,50	1.026.682,64	1.044.653,40	1.062.683,66	1.011.735,06	1.040.431,98		
	TOT	1.083.403,86	1.111.969,72	1.133.973,96	1.157.543,10	1.091.823,18	1.127.210,06		
	IP	93.363,06	84.194,04	110.518,64	87.880,46	93.483,60	84.141,96		
	I	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	FP	1.072.731,66	961.582,44	1.078.503,72	1.022.189,02	1.044.916,32	982.619,14	100,000	
TOT	1.166.094,72	1.045.776,48	1.189.023,36	1.110.078,48	1.138.399,92	1.066.760,10	13.431.896,94		

Fonte: Intranet SABESP.

A equipe do TOG, formada por técnicos e engenheiros, realizou uma avaliação preliminar em toda a ETA, que possui três elevatórias de água tratada (EEAT) chamadas R1, R3 e R4, com o apoio da operação local, decidiu-se realizar o diagnóstico hidroenergético na Elevatória de Água Tratada R3, que é o foco deste estudo. Tal opção foi motivada pelo fato dos conjuntos motobomba que compõe o sistema R3 apresentaram alto índice de depreciação, pois estão em operação desde os anos 1970, conseqüentemente baixo desempenho em relação aos demais e serem importantes para o sistema operacional (MACINTYRE, 1997).

4.2 Procedimento de medição do sistema R3

O sistema de bombeamento de água, em questão, possui três linhas de recalque que, por sua vez, se ramificam e conectam, principalmente as redes de distribuição localizadas nas regiões central e leste do município de São José dos Campos, sistema esse, constituído por quatro conjuntos motobombas, sendo dois de 400 CV e os outros dois de 250 CV. Todos os equipamentos operam com motores elétricos, de tensão de 440V, que acionam bombas de eixo vertical com 9 metros de comprimento, conjuntos esses instalados sobre o reservatório, que recebe água tratada da ETA, conforme observado na Figura 4 (DO AUTOR, 2021).

Desse modo, para avaliar o desempenho energético operacional da referida estação elevatória de água, foi adota a metodologia semelhante à publicada pelo Manual de Cálculo do Consumo Energético Normalizado e do Potencial de Economia em Instalações de Bombeamento a qual é definida pelo PROEESA.

Com a intenção de obter resultados mais precisos que o apresentado no referido manual, uma vez que o mesmo sugere adquirir dados sistêmicos e das faturas de energia elétrica, foi aplicado o procedimento empresarial adotado pela SABESP, para diagnóstico hidro energético, este que foi desenvolvido pelo corpo técnico do TOG, que visa encontrar o rendimento dos sistemas de bombeamento de água conforme estabelecido pelo indicador CEN (DE FERREIRA, DE OLIVEIRA, 2017).

Figura 4: Grupos motobomba R3



Fonte: Do autor

Para o desenvolvimento do procedimento empresarial, foi necessário instalar equipamentos específicos para a coleta de dados de grandezas elétricas e hidráulicas, tais como, os analisadores de energia elétrica trifásico, marca AEMC, modelo PowerPad 8336 conforme Figura 5, dataloggers da marca Novus, modelo Logbox aa e transmissores de pressão da marca Smar, modelo LD301 (DO AUTOR, 2021).

Inicialmente, para a aquisição das grandezas elétricas, os analisadores de energia foram instalados em paralelo com o suprimento de energia de cada conjunto motobomba, dessa forma, foi possível coletar e conhecer o consumo individualizado de cada equipamento (DO AUTOR, 2021).

Já as grandezas hidráulicas foram medidas através dos registradores de dados dataloggers, conectados à saída analógica de sinais elétricos de 4 a 20 mA dos transdutores de pressão, onde os valores de corrente elétrica medida aumenta de forma proporcional à carga hidráulica aplicada em sua tomada de força (DO AUTOR, 2021).

Figura 5: Analisador de energia AEMC



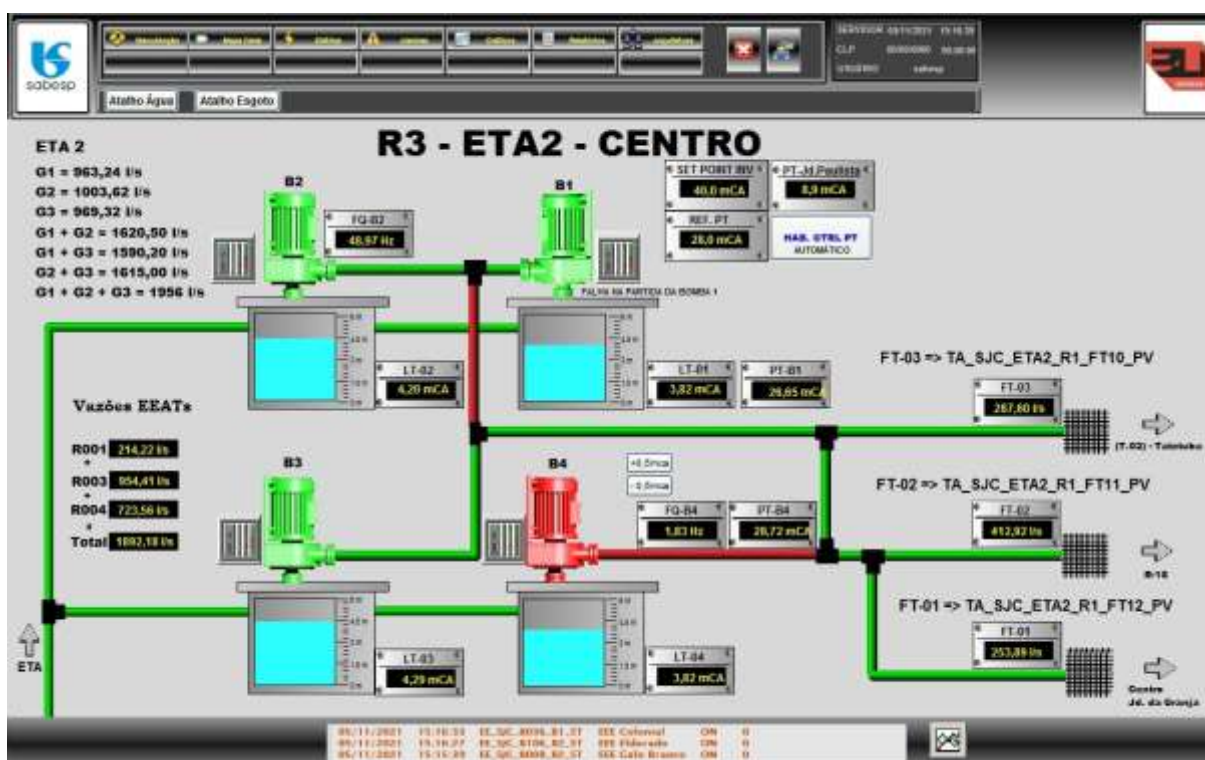
Fonte: Do autor

O método adotado para aquisição dos dados de pressão da água bombeada, semelhante à elétrica, foi por meio de coleta individualizada. Ou seja, cada conjunto motobomba recebeu um dispositivo de leitura instalado no flange de recalque, de modo a se conhecer qual o valor efetivo de energia hidráulica disponibilizada para o sistema de distribuição, considerando-se todas as perdas de carga existentes no sistema a partir desse ponto (DO AUTOR, 2021).

Outro transdutor de pressão foi instalado em um ponto comum ao barrilete, tendo esse equipamento, a finalidade principal de apurar as perdas de carga das singularidades dos dispositivos de manobras contidos no trajeto da tubulação entre o flange de recalque até este ponto de avaliação, tais como válvulas, curvas e retenções (DO AUTOR, 2021).

Para finalizar o processo de aquisição de dados, como os motores são acionados por inversores de frequência, que controlam a vazão de distribuição de água por meio da variação de rotação conforme a demanda solicitada ao sistema, a fim de obter maior precisão das informações, foram instalados registradores de dados em paralelo às saídas 4 a 20 mA dos nos 3 medidores de vazão da EEAT R3, que é dividida em 3 linhas de recalque como pode ser observado na figura 6. Os equipamentos ficaram instalados nos painéis e tubulações por 17 dias (DO AUTOR, 2021).

Figura 6: Tela do supervisor do Sistema R3



Fonte: Intranet SABESP.

Em função disso conforme entendimento de DE FERREIRA e DE OLIVEIRA (2017), é preciso conhecer não, somente o volume total bombeado, mas também, os momentos em que há registro de maior vazão, máxima pressão do sistema, bem como o seu comportamento aos finais de semana, período noturno, dentre outros aspectos primordiais, para construção da real curva do sistema (Figura 7) (DO AUTOR, 2021).

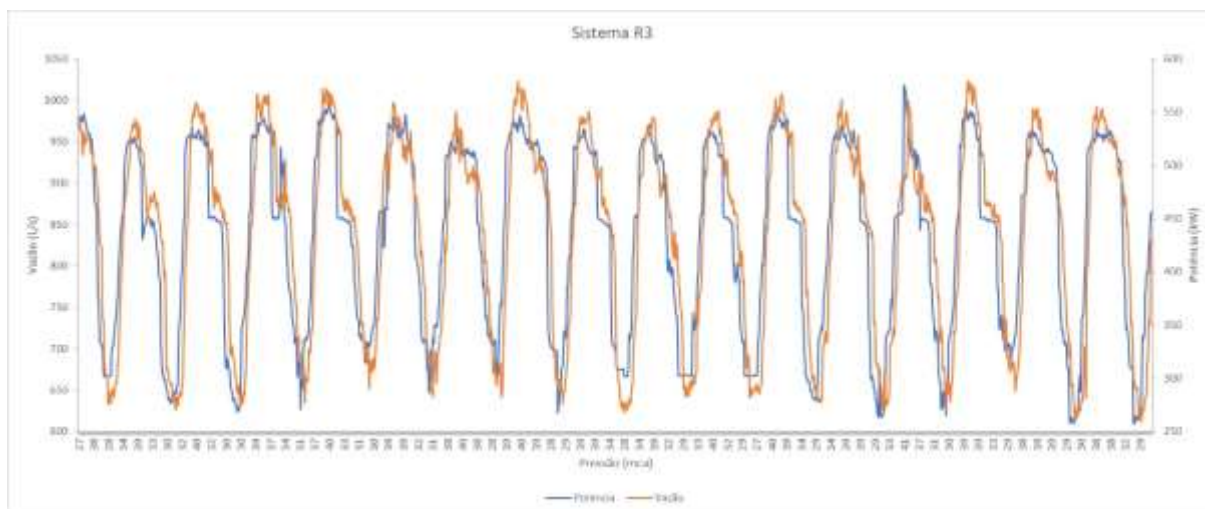
4.3 Cálculo do indicador CEN

Infelizmente nem todo processo de aquisição de dados acontece da forma como foi planejado, devido a existência de alguns fatores, que podem alterar a programação das campanhas de medição (DO AUTOR, 2021).

Um equipamento, por exemplo pode apresentar falha na sua alimentação elétrica e perder os dados armazenados, bem como um acionamento elétrico pode estar danificado ou, até mesmo, um conjunto necessitar passar por manutenção (DO AUTOR, 2021).

Por esses e outros motivos, foi preciso repetir as coletas em mais três ocasiões, até que, por fim, foi possível obter os dados de todas as grandezas necessárias para a realização os cálculos do indicador IWA CEN.

Figura 7: Gráfico de medição vazão x pressão x potência



Fonte: Do autor.

Os dados de medição foram baixados (download) e armazenadas em computador, as informações contidas na memória dos registradores de dados (dataloggers) e dos analisadores de energia elétrica (DO AUTOR, 2021).

A massa de dados adquiridos compreende o período de 17 dias, com integralização de 1 em 1 minuto, para possibilitar a identificação de eventuais oscilações críticas durante o tempo em que os equipamentos ficaram instalados, sejam elas elétricas ou hidráulicas (DO AUTOR, 2021).

Os valores de energia medidas em quilowatts (kW), vazão (l/s) e pressão (mca), foram planilhados no software Excel de forma sincronizada, ou seja, cada linha foi representada com as informações de todas as grandezas, minuto a minuto, de modo a evidenciar a condição instantânea do sistema de bombeamento, conforme observado na Figura 8.

Para cada grandeza representada em determinada coluna da planilha, foram criadas colunas auxiliares para destacar a contagem dos grupos que estavam funcionando em paralelo, a soma das potências instantâneas, a vazão total e finalmente a pressão residual que, é o resultado do valor medido no recalque menos a sucção, já que as medições foram realizadas de forma individual (DO AUTOR, 2021).

Desse modo, o cálculo do indicador CEN foi efetuado de minuto a minuto, onde o resultado do indicador global do sistema da EEAT R3 foi obtido através da média aritmética de todos os valores CEN calculados minuto a minuto.

No entanto, foram extraídos da composição do cálculo, os resultados de baixa confiabilidade, conforme apresentado por DE FERREIRA E DE OLIVEIRA, 2017 na Figura 8 a seguir:

Figura 8: Referência de valores para o indicador CEN

Tipo de motor	externo				submerso			
	0	15,7	38	96	0	15,7	38	96
Potência do motor a partir de [kW]								
Desempenho insuficiente e informação de baixa confiabilidade	1,703	1,703	1,703	1,703	1,703	1,703	1,703	1,703
Desempenho insuficiente	1,090	1,090	1,090	1,090	1,090	1,090	1,090	1,090
Desempenho mediano	0,524	0,487	0,454	0,426	0,779	0,580	0,478	0,462
Bom desempenho	0,426	0,401	0,378	0,378	0,545	0,478	0,440	0,433
Bom desempenho, mas baixa confiabilidade na informação	0,328	0,313	0,299	0,299	0,495	0,440	0,407	0,401
Valor sem credibilidade	0,228	0,218	0,208	0,208	0,345	0,306	0,284	0,278

Fonte: DE FERREIRA e DE OLIVEIRA 2017.

Assim, com a aplicação, aprimoramento e junção dos procedimentos descritos por GOMES, 2019 e DE FERREIRA e DE OLIVEIRA, 2017, foi possível conhecer e afirmar que o rendimento do sistema da EEAT R3 estava abaixo dos valores preconizados nos referidos manuais.

4.4 Análise do diagnóstico

Com o estudo realizado na elevatória de água tratada EEAT R3, identificou-se, portanto, a relevante necessidade de se implantar um projeto de eficiência energética tendo-se, por premissa, o resultado obtido no diagnóstico conforme apresentado no anexo.

Nesse minucioso processo investigativo, ficou evidenciada a grande necessidade de se aumentar a eficiência energética operacional dos conjuntos motobombas do sistema, pois os mesmos apresentaram resultados próximos de insatisfatórios, visto a referência apresentada por DE FERREIRA e DE OLIVEIRA, 2017.

Conforme os índices e parâmetros estipulados pelo programa PROEESA, essa situação é fortemente indesejada, por acarretar grandes prejuízos operacionais e

financeiros para a empresa responsável pelo sistema de abastecimento de água à população envolvida (DE FERREIRA e DE OLIVEIRA, 2017).

É justificável implementar a melhoria operacional apurada, pelo fato dessa instalação atender segundo SABESP, 2021, diretamente, mais de 25 mil ligações de água, bem como auxiliar outras mais de 80 mil

Tudo isso aliado ao seu grande volume de reservação de 10 mil m³ água tratada, responsável pelo abastecimento contínuo de cerca de 170 mil pessoas e, de modo indireto, mais de 400 mil pessoas (SABESP).

Nesse contexto, a EEAT R3 destaca-se como um dos sistemas de abastecimento de água mais importante do município de São José dos Campos, por atender cerca de 50% dos seus 730 mil habitantes, sendo essa a segunda cidade mais populosa fora da Região Metropolitana de São Paulo, na condição de quarta mais populosa do estado (IBGE, 2020).

De acordo com estimativas recentes apuradas em setembro de 2022 (DO AUTOR, 2022), o projeto custará aproximadamente R\$5 milhões, o que trará a expectativa de proporcionar a economia de até 76 mil kWh por mês, o que equivale ao potencial de redução de emissões de gases-estufa segundo DE FERREIRA e DE OLIVEIRA, 2017 em torno de 6300 Ton de CO₂ por mês.

Nesse contexto, considerando-se a tarifa média de energia elétrica no valor de R\$ 0,50/kWh, o retorno do investimento (*payback*) será de nove. No entanto, se for considerado um cenário com eventual alta nos valores de tarifas de energia, com o passar do tempo o retorno poderá ocorrer em menor tempo (DO AUTOR, 2021).

Sendo assim, segundo perícias realizadas pela equipe técnica da companhia, a citada intervenção apresenta-se como atrativa, em face a expectativa, quanto em proporcionar grandes benefícios, tanto econômicos quanto operacionais à companhia de saneamento, isso é justificável tendo em vista que a referida EEAT possui equipamentos que estão em operação há mais de 40 anos, e que por esse motivo apresentam altos índices de parada, devido a falhas que ocasionam a interrupção no funcionamento (DO AUTOR, 2021).

A ação, se concretizada, resultará em representativos benefícios ao sistema operacional, por evitar grandes desperdícios de recursos financeiros, ocasionados por eventuais custos elevados de energia elétrica SNIS, 2022, além de garantir segurança operacional ao abastecimento de água proporcionada pelos novos equipamentos, ao reduzir, portanto, o tempo com maquinário parado seja por quebra ou manutenção,

bem como a melhora de indicadores de lançamento de gases do efeito estufa na atmosfera, dentre outros (DE FERREIRA e DE OLIVEIRA, 2017).

4.5 Proposição de projeto

Conforme já mencionado, a proposta de eficiência energética apresentada para o sistema de bombeamento R3 busca, empenhar algo inovador, com a utilização dos indicadores para medir a eficiência dos equipamentos de bombeamento (GOMES, 2009).

Devido à crise econômica que assola o mundo e as incertezas em relação ao valor das moedas estrangeiras, podem ser fatores determinantes nas previsões exatas no que tange ao quesito retorno financeiro, Todavia, por outro lado, políticas nacionais e a explosão do custo de energia em todo o país, elevação de tarifas de bandeiras tarifárias podem vir a quebrar tais indefinições (BARROS, 2022).

Os destaques são os impactos positivos, do ponto de vista ambiental e social, advindos da iniciativa de inovação e possibilidade de ampliação dos resultados, já que no município de São José dos Campos existem cerca de 190 mil ligações de água.

Nesse contexto, o papel da elevatória de água R3, com todas as suas interligações, pode ser responsável pelo abastecimento de até 80 mil dessas interligações situadas na região leste e no centro da cidade (SABESP, 2022).

Tamanho é essa representatividade, que supera a de 40% o número de ligações do município, atentando-se pelo número de pessoas atendidas, o que reforça a importância do sistema EEAT R3, de forma direta e indireta, pelo atendimento de 400 mil habitantes, que representa mais de 50% da população local.

Com a implantação desse projeto, há a expectativa de se obter a significativa economia de energia elétrica de 920 Mega Watt Hora (MWh)/ano, por meio de redução média projetada de 10% no consumo desta instalação operacional.

Isso se traduz num grande benefício, em termos de disponibilidade energética para a população no entorno, visto que esse montante de energia evitada seria suficiente para suprir o equivalente 500 residências populares (EPE, 2022).

Outro fator, de suma importância referente ao projeto de eficiência energética, engloba, também foco no âmbito ambiental, dado que deixará de ser emitido e despejado o quantitativo equivalente de 6300 Ton CO₂/mês, esse tipo de gás tem papel de responsabilidade entre os grandes causadores do efeito estufa, cujo valor

citado significativo, por representar equivalente ao plantio anual de quase 600 árvores (DE FERREIRA e DE OLIVEIRA, 2017).

A redução dos custos com manutenção é certamente mais um benefício de grande relevância corporativa e operacional, embora aqui neste trabalho, não serão mensurados. Essa redução será notada a partir da instalação dos conjuntos motobombas que, por serem novos, conseqüentemente terão menor tempo de parada por desgaste de seus componentes, o que garantirá melhor segurança hídrica, assegurando o abastecimento da população com maior continuidade, aliados à eficiência energética, ora proposta (MACINTYRE, 1997).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Mediante metodologia apresentada por DE FERREIRA e DE OLIVEIRA, 2017 demonstrada na fórmula abaixo, foi possível estimar o retorno que a implantação do projeto trará à Companhia de Saneamento Básico - SABESP, visto que, os valores de rendimentos são reais e confiáveis, foram medidos com auxílio de instrumentos homologados e calibrados conforme procedimento INMETRO.

Podem-se igualmente afirmar em relação aos valores financeiros apurados, em virtude de realização de consulta ao mercado especializado, em termos de fornecimento e implantação de novos equipamentos modernos, associados a atividades e trabalhos de eficiência energética onde se constatou a viabilidade econômico-financeira (DO AUTOR, 2022).

Em função da perspectiva fortemente favorável advindo das atividades de diagnóstico, dados obtidos em campo e simulação via software de modelagem hidráulica, foi recomendado pela equipe técnica e acatado pela alta administração da SABESP, para que o projeto fosse implantado (DO AUTOR, 2022).

No entanto, por se tratar empresa pública, subordina a leis de licitação para contratação e aquisição de equipamentos e serviços, até a data de publicação deste trabalho, o projeto não foi finalizado ficando, assim, impossibilitada neste momento a aferição dos resultados esperados aqui apresentados (DO AUTOR, 2022).

Figura 9: Metodologia ProEESA de Viabilidade de Projeto

Equação - Fórmula do potencial de economia de energia

$$P_E (kWh) = \Delta \times V \times \frac{H}{100}$$

Onde:

- P_E é o potencial de economia de energia em (kWh)
- Δ é a diferença entre eficiência atual e eficiência satisfatória em [kWh/(m³x100m)];
- V é o volume total de água elevado no período de referência em m³;
- H é a altura manométrica média para o período de referência.

Fonte: DE FERREIRA e DE OLIVEIRA, 2017

6 CONCLUSÃO

Conclui-se que o direcionamento apresentado nos manuais e procedimentos destacados pelos autores citados neste trabalho podem ser amplamente empregados nos sistemas de bombeamento de água, uma vez que os resultados apresentados são de grande viabilidade tanto econômica quanto operacional para os prestadores deste setor (GOMES, 2009).

No entanto, vale-se ponderar para os cuidados a serem tomados no diagnóstico hidro energético, devendo-se sempre empregar o uso de equipamentos de medição de boa qualidade, calibrados e homologados por órgãos competentes, visto que serão a base principal para a tomada de decisão na implantação, ou não dos projetos de eficiência energética.

Deste modo, a partir das medições realizadas, na avaliação do PROEESA segundo DE FERREIRA e DE OLIVEIRA, 2017, para conjuntos com motores externos, o rendimento esperado para este tipo de equipamento é de 72%, uma vez que a eficiência apurada no sistema R3 da ETA II de São José dos Campos conforme demonstrado na planilha em anexo foi de 59,5%, já sendo o rendimento do novo equipamento proposto para o sistema de 79,02%, assim, aplicando-se a metodologia de avaliação de retorno (TABELA 2) do investimento exemplificada no Manual de Cálculo do Consumo Energético Normalizado e do Potencial de Economia em Instalações de Bombeamento, foi possível apurar uma economia de aproximadamente 920.000 kWh/ano, ou seja, R\$ 450.000,00, o que projeta um payback de 9 anos, sendo um investimento vantajoso, já que a vida útil do equipamento é de ao menos 25 anos.

Uma proposta para sequência do presente trabalho ampliar campo das pesquisas em eficiência energética em sistemas de bombeamento de água, aplicando metodologias de modelagem hidráulica computacional, de modo a aferir os resultados obtidos e/ou esperados, também buscar otimizar o ponto de operação das elevatórias.

Tabela 2: Dados de apuração do resultado

Volume bombeado	Dados de apuração	202628,0834	m ³
η Proposto	"9810.100/(3600. η proposto(%).1000).100"	79,053312	%
		0,345	CEN
η Medido	"9810.100/(3600. η medido(%).1000).100"	59,5	%
		0,458	CEN
Δ CEN	"CEN medido - CEN proposto"	0,113	CEN
H	Altua manométrica medida	28	mca
PE	" $PE(kWh) = \Delta.V.(H/100)$ "	6975,434958	kWh em 17 dias
Medido	Dias de medição	17	dias
kWh	kWh Medido	174.111,50	17 dias
kWh	kWh Medido Extrapolado para 365 dias	3.738.276,38	ano
Tarifa	Tarifa média das faturas da intalação	R\$ 0,489	R\$/kWh/média ano
kWh projetado	kWh Medido. η medido/ η proposto	131.101,42	17 dias
kWh projetado	kWh Projetado para 365 dias	2.814.824,66	ano
Economia	kWh Medido - kWh Projetado	923.451,72	kWh/Ano
	kWh Medido - kWh Projetado*tarifa	R\$ 451.475,55	R\$/ano
Investimento	Valor do equipamento proposto	R\$ 4.064.672,00	
Payback Simples	Valor do equipamento/Economia	9 anos	

Fonte: Do autor

7 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ANDRADE SOBRINHO, RENAVAL; BORJA, Patrícia Campos. **Gestão das perdas de água e energia em sistema de abastecimento de água da Embasa**: um estudo dos fatores intervenientes na RMS. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 21, n. 4, p. 783-795, 2016.

BAÑOS R, MANZANO-AGUGLIARO F, MONTOYA FG, GIL C, ALCAYDE A, GÓMEZ J. **Optimization methods applied to renewable and sustainable energy**: a review. Renew Sustain Energy Rev 2011; 15:1753–66.

BARROS, Rafaella. **Bandeiras tarifárias de energia custaram R\$20,7 bi em 2021**: Consequência da escassez hídrica, arrecadação recorde superou em mais de 50% a dos 6 anos anteriores. Brasil, 14 fev. 2022. Disponível em: <https://www.poder360.com.br/energia/bandeiras-tarifarias-de-energia-custaram-20-bilhoes-em-2021/>. Acesso em: 30 maio 2022.

BELONI, A. C. V.; PAPELA. de P. **Estudo de Controle de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água**. In: XIX EXPOSIÇÃO DE EXPERIÊNCIAS MUNICIPAIS EM SANEAMENTO, 2015, Poços de Caldas – MG. Anais... Poços de Caldas: ASSEMAE - Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento, 2015.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 4ª ed. ver. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2016.

CARMO, R. L. do; OJIMA, A. L. R. de O.; OJIMA, R.; NASCIMENTO, T. T. do. **Inovação tecnológica e sustentabilidade da cadeia de produção: um exercício para a água no Brasil**. Texto para Discussão, n. 2731, Brasília: Ipea, 2022. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11045/1/td_2731.pdf. Acesso em: 13 de junho de 2023.

DE FERREIRA, Rita Cavaleiro; DE OLIVEIRA, André Lopes. **Manual de Cálculo do Consumo Energético Normalizado e do Potencial de Economia em Instalações de Bombeamento**. Brasil: [s. n.], 2017. 30 p. Disponível em: <https://antigo.mdr.gov.br/saneamento/proeesa/biblioteca-virtual/4441-publicacoes-proeesa>. Acesso em: 30 maio 2022.

DUARTE, Cinthya Karen Assunção do Rosário. **Avaliação do desempenho hidroenergético do Sistema de Abastecimento de Água Utinga- Bolonha- Setor Guanabara**. 2018. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) -Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/10183>. Acesso em: 29 de maio de 2022.

ENEL Distribuição São Paulo - **Chamada Pública**: Edital da Chamada Pública Enel São Paulo CPP 001/2021 - Versão 1.0. Brasil: ENEL, 16 ago. 2021. Disponível em: <https://enel-sp.chamadapublica.com.br/>. Acesso em: 30 maio 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE - **Matriz Energética e Elétrica**: Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 02 de junho 2022.

FAMABRÁS Soluções em Medição - **Recomendações de Uso e Instalação de Manômetros**: Disponível em: <https://www.famabras.com.br/linha-de-produtos/manometros/recomendacoes-de-uso-e-instalacao/>. Acesso em: 02 de junho 2022.

FERREIRA, R. C. de; DEPEXE M. D.; FINGER F.; MANZI, D.; MENDES, R., **Perdas de água-Guia para determinar o nível econômico e metas progressivas de controle para municípios, reguladores e prestadores de serviço**, versão 3.0.3. Disponível em: http://www.arsesp.gov.br/consultaspublicasbiblioteca/guia_nep_versao_3.pdf. Acesso em: 16 de junho de 2023.

GOMES, HEBER PIMENTEL, **Sistemas de Bombeamento - Eficiência Energética**, 1ª Edição, Editora Universitária/UFPB, 2009.

GOMES, H. P.; BEZERRA, S. T. M. **DTA – Documento técnico de apoio nº D2: Macromedição**. 3.ed, Brasília, 2009.

IBGE, Diretoria de Pesquisas. **Coordenação de População e Indicadores Sociais**: Estimativas da população residente com data de referência 1o de julho de 2020. Brasil, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/sao-jose-dos-campos.html>. Acesso em: 30 maio 2022.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Bombas e instalações de bombeamento**. 2. ed. rev. Rio de Janeiro: [s. n.], 1997. 782 p. ISBN 9788521610861 (broch.). Disponível em: http://bibcentral.ufpa.br/arquivos/130000/130300/19_130387.htm. Acesso em: 30 maio 2022.

MAGALHÃES, P. C. **O custo da água gratuita**. Ciência Hoje, São Paulo, v. 36 n. 211. pp.45-49, dez. 2004.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Conferência da ONU sobre a Água**. Mar da Prata, 1977.

PEREIRA, J. A. R.; CONDURÚ, M. T. **Abastecimento de água**: Informação para Eficiência Hidroenergética. 1 ed. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2014. p. 127.

ReCESA (Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental) / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Abastecimento de água: gerenciamento de perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento, guia do profissional em treinamento**: nível 2. Salvador, 2008. pp.140–34.

RODRIGUES, Rubens Chaves. **Análise do desempenho hidroenergético de sistemas de abastecimento de água do município de Marabá**. 2012. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.

Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/3546>. Acesso em: 29 de maio de 2022.

SANTOS, A. C. P. A., **Espacialização de informações na Gestão de Sistemas de Abastecimento de Água utilizando Sistema de Informação Geográfica**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal do Pará, Belém PA, 2010.

SECRETARIA DE ENERGIA E MINERAÇÃO DE SÃO PAULO - **Grupo de Dados Energéticos da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente** - Consumo Regiões Administrativas 2020. Disponível em: <https://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portaicev2/intranet/Eletricidade/index.html> . Acesso em: 20 Mar. 22

SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE - **ANUÁRIO DE ENERGÉTICOS POR MUNICÍPIO NO ESTADO DE SÃO PAULO – 2022** Ano base 2021. São Paulo, 2022. Disponível em: https://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portaicev2/intranet/BiblioVirtual/diversos/anuario_energetico_municipio.pdf. Acesso em 14 de junho de 2023.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO [SNIS]. **Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto 2022**. Brasília, dezembro de 2022. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2023.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO [SNIS]. **Diagnóstico dos serviços de água e esgoto de 2011**. Brasília, 2011. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em: 29 de maio de 2022.

8 ANEXOS

Fragmento da Planilha de Cálculo Indicador CEN utilizada no estudo.

