

## MONITORAMENTO E GESTÃO DE ÍNDICES ENERGÉTICOS (MGI)

### **Thobias Tose**

Eng. Eletricista, graduado pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES, 2005), mestrado em automação (UFES, 2012), pós-graduado em Sistemas Inteligentes Aplicados a Automação pelo Instituto Federal do Espírito Santo (IFES, 2017) e pós-graduado em Eficiência Energética pelo mesmo instituto (2019). Atualmente é Engenheiro Eletricista pela Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN), desde 2006, onde realiza atualmente atividades referentes a automação dos sistemas operacionais da companhia.

### **Tiago Silva Barbosa**

Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) em 2008, pós-graduado em Engenharia de Controle e Instrumentação pela Faculdade do Centro Leste (UCL) em 2014, pós-graduado em Eficiência Energética pelo Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) em 2020. Atua no saneamento desde 2008, quando ingressou na Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN), trabalhando no momento com o setor de engenharia de manutenção.

**Endereço:** Av. Guarapari, 444, Jd. Limoeiro – Serra - ES - CEP: 29164-120 - Brasil - Tel: +55 (27) 2127-5517 - e-mail: [thobias.tose@cesan.com.br](mailto:thobias.tose@cesan.com.br)

### **RESUMO**

Este estudo aborda o monitoramento e gestão de índices energéticos (MGI) em uma companhia de saneamento, com o objetivo de alcançar a máxima eficiência energética nos principais sistemas de abastecimento de água. A metodologia adotada envolve a análise em tempo real dos parâmetros elétricos e hidráulicos, permitindo o controle e gestão eficaz desses sistemas. A medição da qualidade da energia fornecida pela concessionária é realizada para prevenção de perdas e danos aos motores e equipamentos. Além disso, são gerados e controlados índices específicos relacionados à eficiência operacional das estações. Os resultados incluem redução nas contas de energia, controle da demanda e prevenção de perdas, assim como a validação da eficiência operacional das estações, sendo que a implantação desse sistema melhorou a eficiência energética e operacional das plantas monitoradas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eficiência energética, monitoramento, controle operacional.

### **INTRODUÇÃO**

No cenário atual, a eficiência energética desempenha um papel fundamental na gestão de empresas que possuem muitos equipamentos elétricos em operação. Esses equipamentos, como transformadores, bombas e centro de controle de motores, são essenciais para o funcionamento adequado e eficiente dessas empresas. No entanto, o gerenciamento adequado do consumo de energia torna-se um desafio, uma vez que muitos equipamentos podem resultar em altos custos de energia, perdas de eficiência e riscos operacionais.

A aquisição e instalação de equipamentos para o monitoramento e gestão de índices energéticos em tempo real tornam indispensáveis. Empresas reconhecem a importância dessas soluções para otimizar seu desempenho operacional e reduzir custos energéticos. Ao implementar sistemas de monitoramento e gestão de índices energéticos é possível obter uma visão abrangente e em tempo real dos parâmetros elétricos e hidráulicos dos sistemas operacionais. Isso permite tomar decisões embasadas, identificar oportunidades de melhoria e implementar estratégias eficientes para reduzir o consumo de energia e maximizar a eficiência operacional.

Essas soluções oferecem benefícios significativos, como a redução das contas de energia, o controle de demanda, a prevenção de perdas e danos nos equipamentos elétricos, a garantia da qualidade da energia fornecida pela concessionária, entre outros. Através do monitoramento e análise contínuos, é possível identificar possíveis áreas de desperdício energético, detectar problemas de fornecimento de energia e implementar medidas corretivas de forma proativa. Adicionalmente, o uso de softwares especializados permite a supervisão online e histórica do consumo de energia, fornecendo informações valiosas para o controle de metas energéticas e a tomada de decisões estratégicas. Esses dados são compartilhados com o centro de controle operacional da empresa, proporcionando uma visão abrangente do desempenho energético e permitindo um melhor controle dos sistemas de abastecimento.

Diante desse contexto, o presente artigo tem como objetivo destacar a importância do monitoramento e gestão de índices energéticos em empresas com grande número de equipamentos elétricos. Através da implementação de soluções adequadas, como aquelas adotadas pela empresa, as empresas podem obter benefícios significativos em termos de eficiência energética, redução de custos operacionais e melhoria do desempenho geral.

## **OBJETIVO**

O objetivo deste estudo é destacar a importância do monitoramento e gestão de índices energéticos em empresas que possuem grande número de equipamentos elétricos. Especificamente, busca-se enfatizar a relevância dessas soluções para a empresa e seus sistemas operacionais.

Preende-se destacar como o monitoramento e o gerenciamento dos índices contribuem para a eficiência energética, a redução de custos de energia, o controle de demanda, a prevenção de perdas e danos nos equipamentos elétricos, além do monitoramento da qualidade da energia fornecida pela concessionária.

De posse dessas informações, pretende-se demonstrar a importância da validação dos índices energéticos obtidos por meio de parâmetros elétricos e hidráulicos correspondentes, a fim de garantir a confiabilidade e a precisão dos resultados. Além disso, busca-se evidenciar o papel dos softwares especializados na supervisão online e histórica do consumo de energia, permitindo o controle de metas energéticas e a tomada de decisões embasadas.

## **METODOLOGIA**

A metodologia utilizada neste trabalho contém as seguintes etapas: (a) Planejamento – elaboração de relatórios de inspeção em unidades da companhia e elaboração de projetos atualizados dos equipamentos e instalações previstos; (b) Fornecimento, instalação e configurações; (c) Criação e acompanhamento de índices a serem monitorados.

A fase inicial baseou em elaboração de relatórios de inspeções em unidades que englobam o projeto, onde foram levantados as cargas e seus dados técnicos, os principais circuitos, os instrumentos de medição de variáveis e qualidade de energia, e condições das instalações existentes. Além do levantamento técnico, foi realizado a elaboração e aprovação de projetos elétricos relativos as unidades da empresa de acordo com a norma NBR 5410 e NBR 14039, essas que estabelecem as condições necessárias para o funcionamento seguro de uma instalação elétrica em baixa e média tensão, respectivamente.

A próxima fase consiste em realizar o fornecimento, instalação e configuração dos equipamentos que englobam a solução para a medição das variáveis necessárias. Nesta fase, inclui-se os seguintes requisitos abaixo:

- Solução para medição de qualidade de energia com memória de massa,
- Solução para concentrador universal de instrumentos com protocolo de comunicação MODBUS;
- Solução para controle das saídas (I/O's);
- Solução para comunicação gateway TCP/IP;
- Fornecimento e instalação de transformador de potencial, transformador de corrente, transmissor de pressão, transmissor de nível e transmissor de temperatura de água;
- Fornecimento de softwares para monitoramento e gerenciamento de energia.

Todos os equipamentos, softwares e protocolos de comunicação, foram atendidos de acordo com características e necessidades técnicas existentes para cada situação.

Após validação do fornecimento e instalação dos equipamentos e softwares, realizou-se a criação de relatórios atendendo situações segmentadas para os horários de ponta e fora de ponta, contendo os dados de consumo de energia elétrica, como, a continuidade do fornecimento, nível de tensão, oscilações de tensão, desequilíbrios, distorções harmônicas de tensão, interferência em sistemas de comunicações etc.

Para finalizar, também foi incluído no escopo do sistema, a criação de alarmes, cujo sistema envia de forma automática um alerta via e-mail e mensagem no supervísório. Além disso, o sistema emite e envia via e-mail, relatório semanal e mensal, demonstrando o consumo da energia em cada unidade monitorada, sintetizando todas as informações sobre o consumo semanal e projetando o fechamento mensal. A Figura 1 representa a instalação de componentes inerentes ao sistema implantado – CLP, transmissores de temperatura e velocidade.

**Figura 1 – Instalação dos equipamentos para medição de variáveis de instrumentação**



Nas Figura 2 e 3 são apresentadas a instalação do transformador de potencial e analisador de energia e a interface para monitoramento, respectivamente. O analisador de energia é utilizado em conjunto com o transformador de potencial para monitoramento de desbalanceamento de tensão de entrada, contendo os registros dos ângulos e magnitudes divergentes e para investigações em conjunto com a concessionária de energia, diagnosticando falhas no sistema. Já no portal é possível visualizar os painéis de controle, contendo os gráficos de demanda total, fator de potência, energia ativa, tensão, corrente e potência.

**Figura 2 – Instalação dos equipamentos para solução em medição de qualidade de energia**

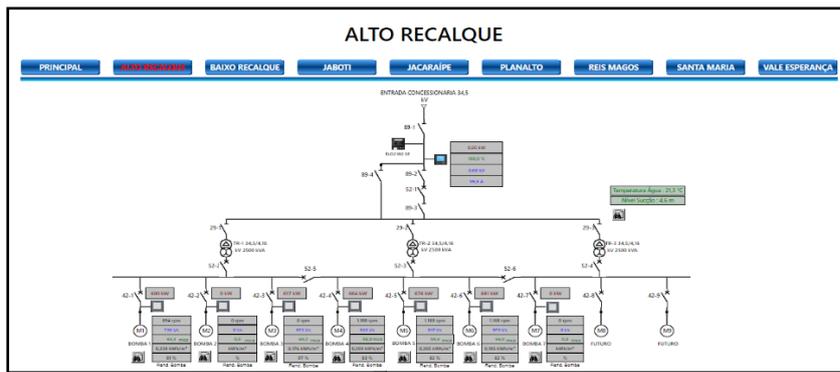


**Figura 3 – Interface de monitoramento e gestão de índices energéticos**

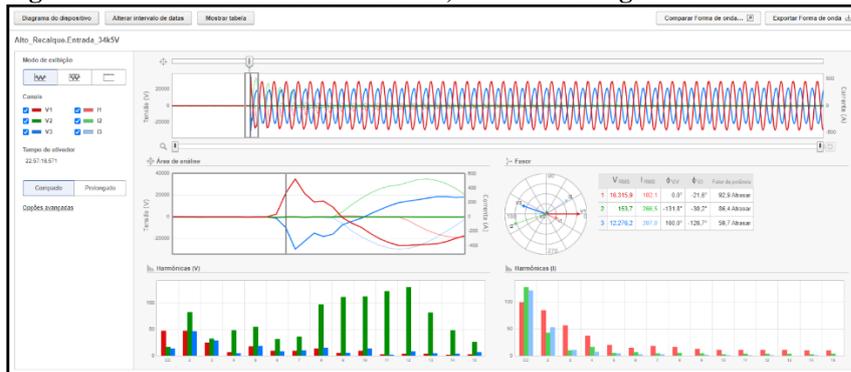


Na Figura 4, um exemplo de diagrama de rede do Alto Recalque, indicando os estados das chaves de acionamento, potência, corrente, tensão de entrada e das demais cargas da subestação. Com esses dados, é possível realizar um monitoramento e gerenciamento dos parâmetros hidráulicos e elétricos dos conjuntos motores-bombas instalados, avaliar tendência de consumo das unidades de bombeamento, monitorar eventos corretivos que proporcionam sinistros nos sistemas elétricos. Já a Figura 5 demonstra os detalhes das características elétricas de cada unidade, proporcionando visualizar e identificar a qualidade da energia fornecida à estação

**Figura 4 – Diagrama de rede da estação do Alto Recalque**



**Figura 5 – Área de análise com fasores, harmônicas e gráfico de tensão**



## INSPEÇÃO E INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS

Para um projeto de monitoramento e gerenciamento de índices energéticos, é necessário realizar algumas etapas primordiais para o desempenho do funcionamento do sistema. Essas atividades englobam o planejamento, avaliação de requisitos, seleção de equipamentos, instalação e configuração dos softwares e outras atividades que serão mencionadas ao longo do artigo.

Após as atividades de planejamento e avaliação de requisitos, foi necessário a instalação de equipamentos para realizar as medições das variáveis de instrumentação. Na figura 6 abaixo, pode-se verificar os transformadores de potencial de baixa e média tensão instalados, assim como o transmissor de pressão. Além desses instrumentos também foram instalados vários outros equipamentos, como transmissor de nível, temperatura, velocidade, corrente, entre outros.

**Figura 6 – Instalação de transformador de potencial e transmissor de pressão**



Para o monitoramento em acesso local e sistemas de supervisão, foram instalados multimedidores (Figura 7) nas estações de energia e centro de controles de motores. Esses multimedidores são dispositivos projetados para

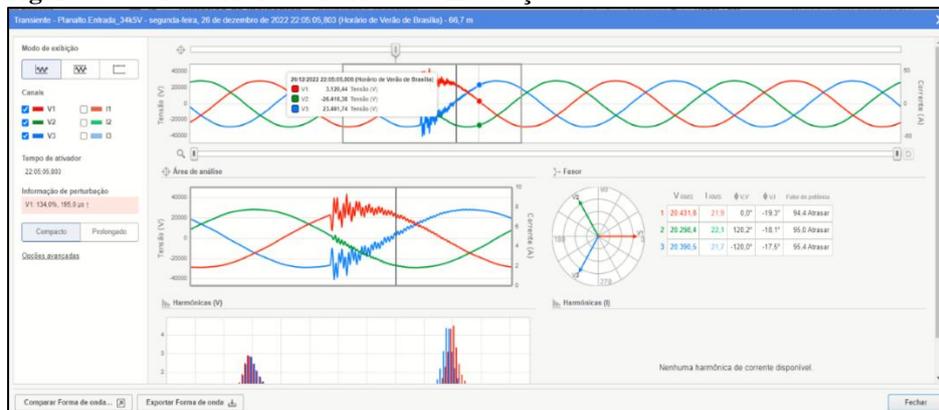
medir e monitorar diferentes parâmetros elétricos, oferecendo uma variedade de funções e recursos para auxiliar no monitoramento e gerenciamento da energia elétrica.

**Figura 7 – Multimetro para análise de energia**



Após a configuração da comunicação e integração dos multimetro com sistema de monitoramento, é possível acompanhar distúrbios de tensão, harmônicas, corrente, fasores, entre outros. A figura 8 ilustra o funcionamento do sistema, com um distúrbio de milésimos de segundo entre as fases A,B e C.

**Figura 8 – Características elétricas da instalação**

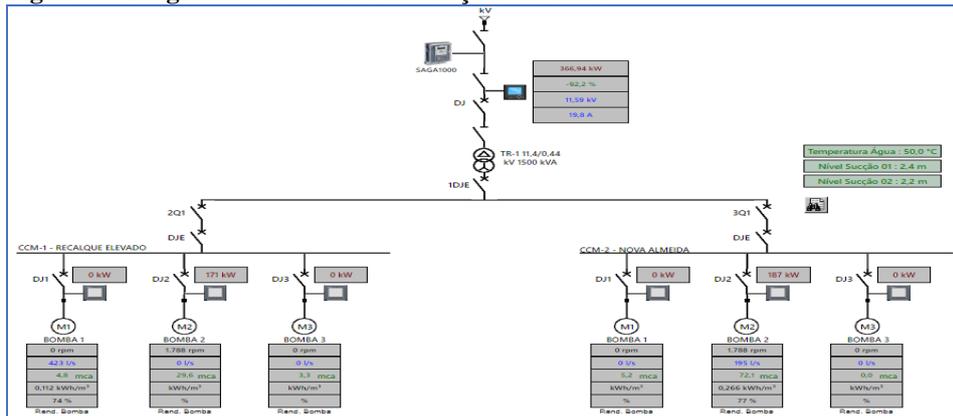


## MONITORAMENTO DE ÍNDICES ENERGÉTICOS

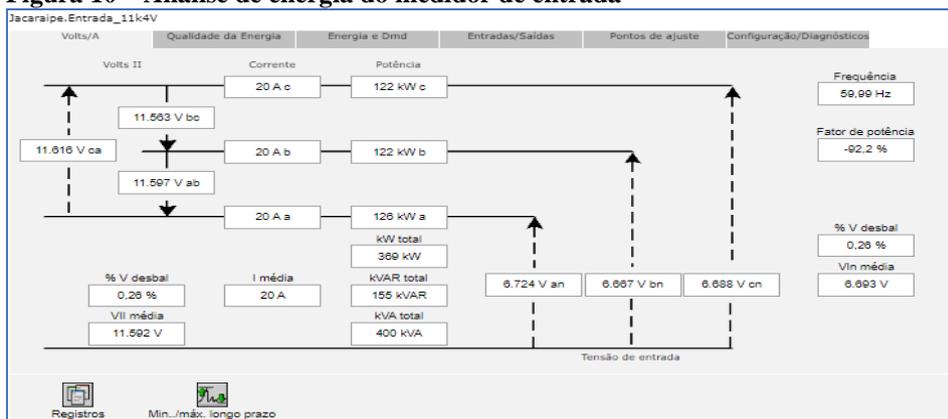
Através da leitura dos medidores instalados e da análise dos eventos registrados é possível identificar problemas elétricos nas estações mencionadas no projeto. Esses dados estão sendo utilizados como base técnica para monitorar a qualidade da energia elétrica fornecida.

A Figura 9 apresenta o monitoramento dos valores de potência, fator de potência, tensão e corrente no medidor de entrada da subestação. Além dessas variáveis também é possível acompanhar os dados de potência das unidades de bombeamento, juntamente com as respectivas vazões, pressões, rendimentos calculados e o indicador de eficiência ( $\text{kW}/\text{m}^3$ ), permitindo realizar comparações com as outras unidades. As Figuras 10 e 11 representam as condições elétricas de entrada e da unidade de bombeamento, respectivamente.

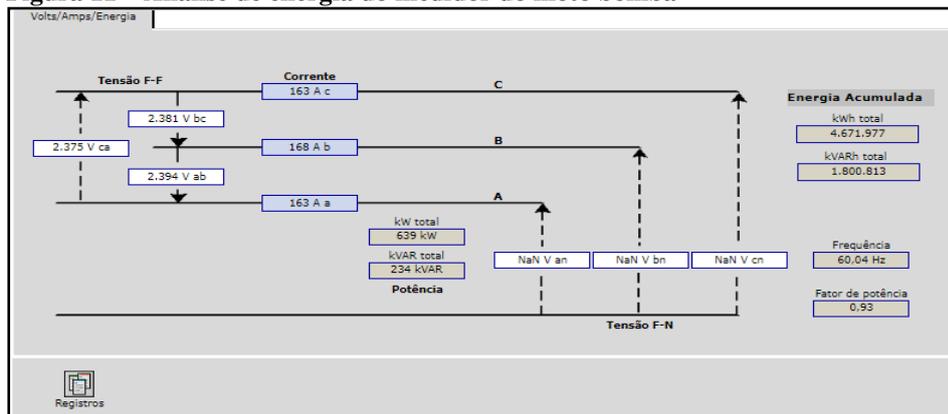
**Figura 9 - Diagrama de rede das instalações elétricas**



**Figura 10 – Análise de energia do medidor de entrada**



**Figura 11 – Análise de energia do medidor do moto bomba**



Essas medições e análises são valiosas para identificar problemas elétricos, monitorar o desempenho do sistema elétrico de potência, otimizar a eficiência energética e garantir uma distribuição de energia confiável e segura.

## MONITORAMENTO E QUALIDADE DE ENERGIA

Uma estação de supervisão, monitoramento e gerenciamento de índices energéticos é um sistema centralizado que permite controlar, monitorar e gerenciar diversos parâmetros relacionados ao consumo e qualidade da energia elétrica em tempo real. Essas estações são projetadas para coletar dados de diferentes dispositivos e medidores espalhados em um sistema elétrico, consolidando as informações em um local central para análise e tomada de decisões. Aqui estão alguns elementos e funcionalidades comuns encontrados em uma estação de supervisão, monitoramento e

gerenciamento de índices energéticos: Interface gráfica, coleta e tratamento de dados, monitoramento em tempo real, análise e relatórios, controle e automação.

A Figura 12 ilustra uma estação de monitoramento que faz parte de um sistema abrangente implantado em várias unidades da empresa. Essas estações estão localizadas em diferentes locais e são interconectadas por meio de acesso via web.

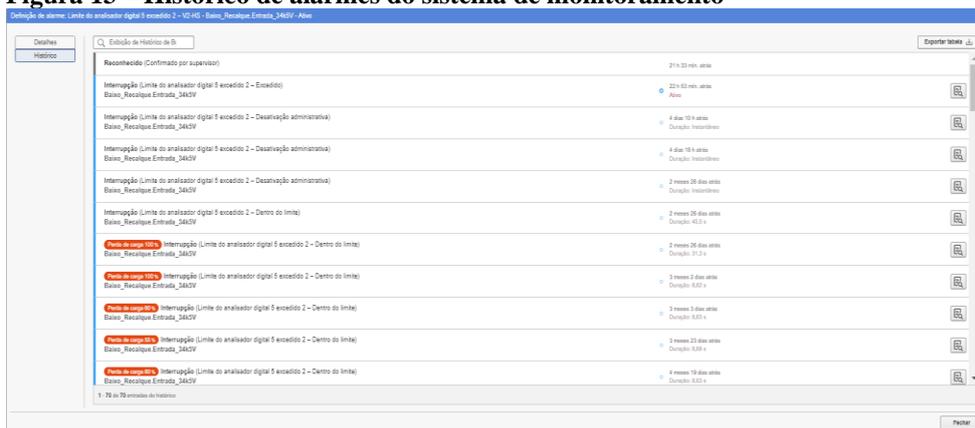
**Figura 12 – Estação de monitoramento e gerenciamento dos índices energéticos**



O histórico de alarmes em um sistema de monitoramento de índices energéticos registra e armazena informações sobre eventos e condições anormais detectadas pelo sistema. Esses alarmes são acionados quando certos critérios predefinidos são atendidos, alertando os operadores sobre possíveis problemas ou violações de parâmetros de energia específicos.

Na figura 13 é possível observar uma lista do histórico de alarmes, contendo o local, duração e tipo de alarme.

**Figura 13 – Histórico de alarmes do sistema de monitoramento**



Além do histórico de alarmes, o sistema fornece relatórios de análise de incidentes. Esses relatórios incluem um resumo do número de incidentes, intervalo entre os incidentes e quantidade de perturbações registradas, permitindo uma visualização clara do impacto de cada evento. Também é disponibilizada uma tabela que destaca as perturbações mais significativas de cada incidente, fornecendo informações, como tipo de incidente, horário, localização do medidor, duração e fase afetada. Esses dados são essenciais para uma análise detalhada dos eventos ocorridos e auxiliam na identificação de possíveis problemas e tomada de decisões para melhorias no sistema.

## RESULTADOS

Os resultados deste estudo demonstraram que a implementação do monitoramento e gestão de índices energéticos em empresas com muitos equipamentos elétricos traz benefícios significativos e impactantes.

A análise dos índices energéticos em tempo real possibilitou a identificação e prevenção de perdas e danos nos equipamentos elétricos, evitando interrupções e custos adicionais com reparos e substituições. Através da supervisão contínua da qualidade da energia fornecida pela concessionária, a empresa conseguiu garantir um fornecimento estável e confiável, reduzindo riscos operacionais.

Os resultados deste estudo indicam que a adoção do monitoramento trouxe resultados positivos e mensuráveis para a companhia. A empresa obteve ganhos expressivos em eficiência energética, redução de custos, controle operacional e suporte aprimorado, consolidando-se como um exemplo de boas práticas no gerenciamento de energia em empresas com grande número de equipamentos elétricos.

## **CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Com base nas informações fornecidas observa-se que o projeto implantado trouxe ganhos significativos à gestão da eficiência energética da companhia. O fornecimento de um software especialista traz relatórios e visões para análise de diversos problemas das estações, tais como controle de demanda e fator de potência, balanço energético, índice de eficiência energética dos conjuntos de bombeamento, monitoramento de eventos relacionados à qualidade de energia, entre outros.

Os dados obtidos diretamente dos medidores instalados têm sido utilizados em reuniões de alinhamento com a concessionária, especialmente em relação a problemas de qualidade de energia elétrica em localidades com essa característica de anomalia. Essa abordagem tem sido útil para identificar problemas pontuais e buscar melhorias junto à prestadora para garantir a qualidade do fornecimento de energia.

Espera-se que a empresa tenha um controle adequado de todos os parâmetros relevantes presentes nas faturas de energia das principais estações. Isso inclui a gestão da demanda, energia na ponta, energia fora de ponta e fator de potência. Além disso, o projeto visa manter um nível de eficiência operacional nas estações e unidades consumidoras de grande porte, por meio da operação otimizada dos conjuntos mais eficientes, o monitoramento diário do consumo de energia e o estabelecimento de alarmes para evitar ultrapassagens da demanda contratada.

No entanto, para uma conclusão mais precisa e abrangente, seria necessário avaliar outros fatores, como o impacto do projeto nas operações, o *feedback* dos usuários envolvidos e a eficácia geral das medidas implementadas. Portanto, é importante realizar periodicamente uma análise mais aprofundada e acompanhar o progresso do projeto ao longo do tempo.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14039 – Instalações elétricas de média tensão.
2. ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão.
3. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. Procedimentos de distribuição de energia elétrica no sistema elétrico nacional, PRODIST, Módulo 8 – Qualidade do Fornecimento de Energia Elétrica.
4. ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR ISO 50001:2018, Sistemas de gestão de energia – Requisitos com orientações para uso.