MONITORAMENTO ONLINE DE GRANDEZAS ELÉTRICAS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: VANTAGENS E IMPACTOS OPERACIONAIS

Bruno Moreira Fernandes Mendes[(1)]
Engenharia de Controle e Automação, Instituto Nacional de Telecomunicações (INATEL). Atualmente trabalha na COPASA como engenheiro de automação da Gerência de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação – GNDI, com atividades diversas de automação tanto para os Sistemas de Abastecimento de Água quanto para os Sistemas de Esgotamento Sanitário.

Endereço[(1)]**:** Rua Juca Castelo,432 – Maristela – Santa Rita do Sapucaí – MG – CEP 37536-150 – Brasil - Tel: +55 (35) 99907-1698 e-mail: brunomoreira@gea.inatel.br.

RESUMO

O consumo de energia elétrica representa um dos maiores custos operacionais das empresas de saneamento, especialmente em sistemas de bombeamento e tratamento de água. Nesse contexto, a implantação de sistemas de monitoramento online de grandezas elétricas surge como uma estratégia para o aumento da eficiência energética, confiabilidade operacional e redução de custos. Este trabalho analisa a aplicação de tecnologias de monitoramento contínuo de parâmetros elétricos, como tensão, corrente, potência, consumo e fator de potência, em unidades operacionais da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa). A metodologia baseou-se na instalação de cabo ótico com gateway direto no medidor de entrada geral da companhia de energia elétrica com as informações publicadas e integradas ao Copasis (Sistema Integrado de Supervisão da Copasa), permitindo a análise em tempo real do desempenho elétrico das instalações. Os resultados demonstram possíveis melhorias na gestão energética, redução de penalidades por baixo fator de potência, melhoria da confiabilidade dos equipamentos eletromecânicos e apoio à tomada de decisão baseada em dados. Conclui-se que o monitoramento online contribui para a modernização dos sistemas de saneamento, promovendo eficiência energética.

PALAVRAS-CHAVE: Monitoramento elétrico, eficiência energética, saneamento.

INTRODUÇÃO

O setor de saneamento básico é reconhecido por seu elevado consumo energético, uma vez que grande parte de suas atividades operacionais depende do funcionamento contínuo de equipamentos eletromecânicos, como bombas e motores de diversas potências. Nesse cenário, o consumo de energia elétrica destaca-se como um dos principais componentes dos custos operacionais das companhias de saneamento, exercendo influência direta sobre sua eficiência econômica.

Além disso, as empresas precisam cumprir as regras do setor elétrico, principalmente com relação à demanda contratada e ao fator de potência. Quando esses parâmetros não são bem gerenciados, podem ocorrer multas na conta de energia. Além dos custos financeiros, o uso inadequado da energia pode prejudicar o funcionamento dos sistemas, causando sobrecarga nos equipamentos, falhas antecipadas, aumento da necessidade de manutenções corretivas e, em situações mais graves, interrupções no abastecimento de água e no tratamento de esgoto.

Com o avanço das tecnologias digitais, automação industrial e conceitos associados à Indústria 4.0, surgem novas oportunidades para aprimorar a gestão energética por meio do monitoramento contínuo, em tempo real e histórico das grandezas elétricas. Sistemas de monitoramento online permitem maior visibilidade sobre o comportamento do consumo, favorecendo a atuação preventiva, a identificação de ineficiências e a tomada de decisões baseadas em dados confiáveis. Nesse cenário, este trabalho apresenta a análise da aplicação de tecnologias de monitoramento contínuo de parâmetros elétricos em unidades operacionais da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa), destacando seus impactos na eficiência energética e na confiabilidade operacional.

OBJETIVO(S)

O presente artigo tem o objetivo de avaliar a implantação de um sistema de monitoramento online de grandezas elétricas como ferramenta estratégica para o aprimoramento da gestão energética, o aumento da confiabilidade operacional e o suporte qualificado à tomada de decisão técnica e gerencial em unidades operacionais da Copasa, garantindo a confiabilidade e a integridade das medições. As grandezas elétricas consideradas fundamentais, tais como tensão e corrente por fase, potência ativa, potência reativa, consumo e fator de potência, possibilitam a avaliação da qualidade da energia e do desempenho elétrico das instalações. Seguem os objetivos principais:

- Integrar os dados do sistema de medição elétrica a uma plataforma corporativa de supervisão operacional, promovendo a centralização das informações no banco de dados e a correlação entre variáveis elétricas e condições operacionais dos processos de bombeamento;
- Identificar desvios operacionais e oportunidades de otimização do consumo de energia elétrica, como na redução de perdas, no balanceamento de cargas e na mitigação de consumos excessivos durante o horário de ponta;
- Avaliar o potencial de redução de custos operacionais por meio da análise do perfil de consumo e da adequação da demanda contratada;
- Analisar a eficácia da compensação de energia reativa, avaliando o desempenho dos bancos de capacitores e análise de penalidades tarifárias associadas ao baixo fator de potência;
- Fornecer subsídios técnicos e analíticos que apoiem o aperfeiçoamento das políticas de gestão energética e a modernização da infraestrutura elétrica.

METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia adotada neste trabalho baseia-se na implantação em campo, comissionamento e posterior análise dos dados. O enfoque principal consiste na validação e análise de um sistema de monitoramento elétrico contínuo, visando aprimorar a gestão do consumo de energia elétrica e a tomada de decisão operacional.

Inicialmente, foi realizado um levantamento técnico das unidades como análise do perfil de carga, do nível de tensão de fornecimento, do histórico de consumo, da demanda contratada e das penalidades associadas à energia reativa. Foram avaliados também aspectos relacionados à infraestrutura elétrica existente, como o ponto de medição na entrada geral e viabilidade para a instalação e alimentação dos equipamentos.

Para a aquisição dos dados elétricos, adotou-se como requisito o uso de medidores de energia da marca Schneider Electric que possuíam a entrada ótica disponível para coleta das informações. Esses medidores são instalados no ponto de entrada geral da unidade consumidora, garantindo a medição das grandezas elétricas do consumo global da unidade.

O gateway utilizado opera com comunicação Modbus RTU via interface serial RS-232, permitindo a leitura das grandezas elétricas trifásicas necessárias, tais como: tensões fase-neutro e fase-fase, correntes por fase, potência ativa, reativa e aparente, consumo totalizado hora ponta e fora ponta, demanda máxima e fator de potência.

Ele atua como elemento de integração e conversão de protocolos, realizando a aquisição cíclica das variáveis elétricas via Modbus RTU e a conversão dessas informações para o protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport).

A transmissão dos dados ocorre por meio de uma rede privada APN 4G, garantindo um canal dedicado e seguro de comunicação, com isolamento da rede pública de internet e maior nível de proteção contra acessos não autorizados. Essa arquitetura é especialmente adequada para unidades remotas ou com restrições de infraestrutura de rede local.

Foi instalado junto ao gateway uma bateria externa com carregador, assegurando a continuidade da coleta e transmissão dos dados durante interrupções temporárias do fornecimento de energia elétrica. Essa funcionalidade é essencial para preservar a integridade das medições, registrar eventos críticos como falta de energia.

Os dados coletados são publicados automaticamente e integrados ao Copasis (Sistema Integrado de Supervisão da Copasa), onde são armazenados em um banco de dados centralizado para posterior processamento, visualização e análise. O sistema permite o acesso às informações tanto em tempo real quanto em regime histórico, possibilitando análises comparativas e estatísticas.

RESULTADOS OBTIDOS

A implantação do sistema de monitoramento online proporcionou maior transparência e controle sobre o consumo de energia elétrica nas unidades analisadas. Foi possível identificar perfis de consumo ao longo do tempo, variações de demanda e períodos de maior solicitação elétrica, permitindo melhor compreensão do perfil de carga das instalações.
A Figura 1 a seguir apresenta a tela inicial do Copasis com algumas das unidades monitoradas.

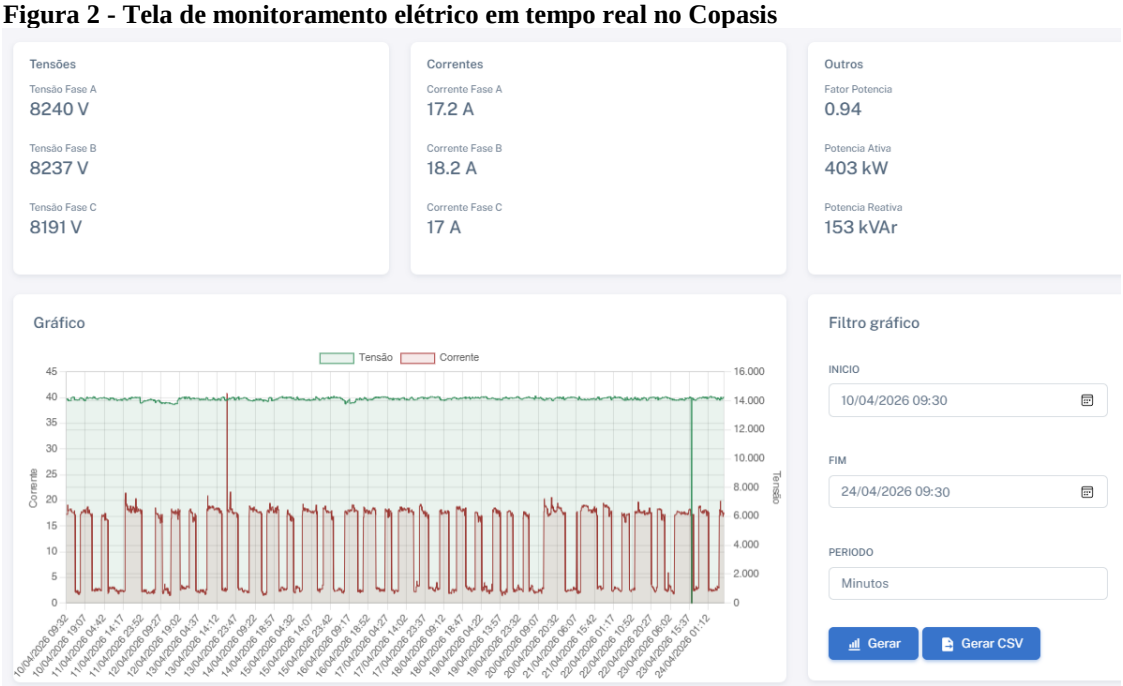
Figura 1 – Unidades com monitoramento de grandezas elétricas



Fonte: Copasis – Sistema Integrado de Supervisão da Copasa.

Observou-se também o potencial de redução de penalidades por baixo fator de potência, uma vez que o acompanhamento em tempo real possibilitou a identificação imediata de desvios em relação aos limites estabelecidos pela concessionária. Além disso, o monitoramento contínuo contribuiu para a melhoria da confiabilidade dos equipamentos eletromecânicos, ao permitir a detecção precoce de condições anormais de operação, como sobrecorrentes ou variações excessivas de tensão.
Outro resultado relevante foi o fortalecimento da tomada de decisão baseada em dados, reduzindo a dependência de análises pontuais e medições isoladas. Os gestores passaram a dispor de informações consolidadas e atualizadas, favorecendo ações mais rápidas e assertivas.
A Figura 2 abaixo mostra os gráficos históricos de algumas das informações no Copasis.

Figura 2 - Tela de monitoramento elétrico em tempo real no Copasis



Fonte: Copasis – Sistema Integrado de Supervisão da Copasa.

A partir dos dados disponibilizados, realiza-se a análise contínua de qualidade da energia elétrica:

- Avaliação de variações de tensão, desbalanceamento de correntes e comportamento do fator de potência;
- Eficiência energética, identificando consumos excessivos, perdas e oportunidades de correção;
- Gestão da demanda, avaliando picos de consumo e sua compatibilidade com a demanda contratada;
- Análise do horário de ponta, permitindo verificar o impacto do consumo entre 17h00 e 20h00, período no qual a tarifa é mais elevada.

Os parâmetros elétricos monitorados possibilitam a identificação de anomalias operacionais, subsidia ações corretivas e fornece embasamento técnico para decisões relacionadas à adequação de bancos de capacitores, redistribuição de cargas, revisão da demanda contratada e melhoria do desempenho energético global das unidades analisadas.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A análise dos resultados evidencia que o monitoramento online de grandezas elétricas representa uma evolução significativa em relação aos modelos tradicionais de gestão energética, geralmente baseados em medições periódicas e análises retrospectivas. A disponibilização de dados em tempo real permitiu uma abordagem mais proativa, alinhada aos conceitos de eficiência energética e manutenção preditiva.

O monitoramento em tempo real da tensão em cada fase permite identificar variações anormais, possibilitando a detecção de perdas elétricas, quedas de tensão e possíveis falhas de contato nas conexões do sistema. Da mesma forma, o monitoramento das correntes em cada fase é fundamental para verificar se o circuito encontra-se desbalanceado, condição que pode reduzir a eficiência energética, aumentar perdas e comprometer a vida útil dos equipamentos.

O acompanhamento contínuo do fator de potência é essencial para avaliar o desempenho e a necessidade de manutenção dos bancos de capacitores, garantindo a compensação adequada da energia reativa e evitando penalidades financeiras decorrentes de multas aplicadas pela concessionária.

Além disso, o sistema possibilita a análise detalhada do consumo de energia durante o horário de ponta, compreendido entre 17h00 e 20h00, período no qual a tarifa é mais elevada. Essa análise permite identificar se o consumo está excessivo nesse intervalo e auxiliar na verificação da adequação do valor da demanda contratada, contribuindo para a otimização de custos operacionais e para uma gestão energética mais eficiente.

A integração das informações elétricas ao sistema corporativo de supervisão mostrou-se um diferencial importante, pois possibilitou correlacionar eventos elétricos com condições operacionais dos sistemas de bombeamento e tratamento. Essa integração amplia a capacidade analítica da organização, favorecendo diagnósticos mais precisos e intervenções mais eficazes.

Sob o aspecto econômico, a possibilidade de reduzir penalidades relacionadas ao fator de potência representa um ganho expressivo, especialmente em instalações com elevada carga indutiva. Do ponto de vista operacional, a melhoria da confiabilidade dos equipamentos contribui para a continuidade do serviço, aspecto crítico no setor de saneamento. Assim, os resultados reforçam o papel do monitoramento online como ferramenta estratégica para a modernização do setor.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Conclui-se que a aplicação de sistemas de monitoramento online de grandezas elétricas nas unidades operacionais da Copasa apresenta elevado potencial técnico e econômico para o aprimoramento da gestão energética. A solução implementada demonstrou-se eficaz na aquisição confiável de dados em tempo real, proporcionando maior visibilidade sobre o comportamento do consumo, melhoria no controle da qualidade da energia elétrica e suporte à tomada de decisão técnica e gerencial.

Os resultados evidenciam que o monitoramento contínuo contribui diretamente para a redução de custos operacionais, seja pela mitigação de penalidades associadas ao baixo fator de potência, pela adequação da demanda contratada ou pela identificação de consumos excessivos, especialmente durante o horário de ponta. Ademais, a detecção precoce de anomalias elétricas favorece o aumento da confiabilidade, disponibilidade e vida útil dos equipamentos eletromecânicos, aspectos críticos para a continuidade e a segurança da prestação dos serviços de saneamento.

A integração do sistema de monitoramento ao ambiente corporativo de supervisão mostrou-se um diferencial estratégico, ao permitir a correlação entre eventos elétricos e condições operacionais dos processos, fortalecendo uma abordagem proativa alinhada aos conceitos de eficiência energética, digitalização e

manutenção preditiva. Dessa forma, o estudo confirma o papel do monitoramento online como ferramenta fundamental para a modernização, sustentabilidade e resiliência operacional do setor de saneamento.

Como recomendações, sugere-se a expansão do sistema de monitoramento para outras unidades operacionais da companhia, promovendo a padronização da gestão energética em escala corporativa. Recomenda-se ainda a exploração sistemática do banco de dados gerado, por meio da criação de relatórios técnicos e gerenciais automatizados, contemplando análises históricas, indicadores de desempenho energético (KPIs), comparativos entre unidades e avaliação de tendências de consumo. Esses relatórios podem subsidiar auditorias energéticas, planejamento operacional e definição de metas de eficiência.

Por fim, destaca-se a importância da capacitação contínua das equipes técnicas e gerenciais, visando o uso avançado das informações disponibilizadas, de modo a maximizar os benefícios da solução e consolidar uma cultura organizacional orientada por dados e eficiência energética.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Manual de Procedimentos de Distribuição – PRODIST. Brasília: ANEEL, 2023.

2. GELLER, H. Eficiência energética: estratégias para um futuro sustentável. Rio de Janeiro: Elsevier, 2021.

3. PORTAL DA INDÚSTRIA. Indústria 4.0 e Internet das Coisas. Brasília: CNI, 2022.

4. SILVA, J. R.; OLIVEIRA, M. A. Monitoramento de grandezas elétricas em sistemas industriais. Revista Brasileira de Engenharia Elétrica, v. 29, n. 2, p. 45–60, 2020.