

A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA NA CONFIABILIDADE OPERACIONAL DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO (ETAS/ETES)

Caio César Martins Barbosa

Estudante do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai – Campi Suíço Brasileiro

João Lopes Viana

Estudante do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai – Campi Suíço Brasileiro

Natã Conceição Costa

Estudante do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai – Campi Suíço Brasileiro

Thiago da Costa Rocha

Estudante do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai – Campi Suíço Brasileiro

Marcus Vinicius dos Reis Venditti

Professor do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai – Campi Suíço Brasileiro. Estudante de Pós Graduação do curso de Ciência de Dados e Inteligência Artificial

Endereço: Rua Santo André, 379 Apto 21C – Boa Vista – São Caetano do Sul - SP - CEP: 09572-000 - Brasil - Tel: +55 (11) 98962-2491 – e-mail: marcusvdrvenditti@gmail.com.

RESUMO

As Estações de Tratamento de Água (ETAs) e Esgoto (ETEs) desempenham um papel vital na proteção da saúde pública e do meio ambiente, exigindo alta confiabilidade operacional para atender às metas de universalização e qualidade estabelecidas pelo Marco Legal do Saneamento (Lei 14.026/2020). A manutenção preventiva (MP) surge como estratégia fundamental para garantir a funcionalidade contínua e eficiente dessas instalações. Este artigo discute a implementação, os benefícios e os desafios dos programas de manutenção preventiva em ETAs/ETEs. Através de revisão bibliográfica e análise conceitual, explora-se como a execução planejada de inspeções, limpezas, lubrificações e substituições programadas de componentes contribui para a redução de falhas inesperadas, prolongamento da vida útil dos ativos, otimização de custos e garantia da conformidade regulatória. O uso de ferramentas como Sistemas de Gerenciamento de Manutenção Computadorizados (CMMS) é destacado como essencial para o planejamento, controle e otimização das rotinas preventivas. Conclui-se que um programa de MP bem estruturado é indispensável para a gestão eficaz e sustentável das operações de tratamento de água e esgoto.

PALAVRAS-CHAVE: Manutenção Preventiva; Confiabilidade Operacional; Gestão de Ativos;

1 INTRODUÇÃO

As Estações de Tratamento de Água (ETAs) e Esgoto (ETEs) são infraestruturas críticas para a sociedade moderna, responsáveis por garantir o acesso à água potável e por tratar os efluentes gerados, protegendo assim a saúde pública e os ecossistemas aquáticos (FUSATI AMBIENTAL, 2023). A operação contínua e eficiente dessas instalações é fundamental para o bem-estar da população e para o cumprimento das metas de universalização do saneamento básico, preconizadas pelo Marco Legal do Saneamento no Brasil (Lei nº 14.026/2020) (MARCO LEGAL, [s.d.]).

Nesse contexto, a gestão da manutenção assume um papel estratégico. Falhas em equipamentos críticos de uma ETA ou ETE podem comprometer a qualidade da água distribuída ou do efluente tratado, levar a interrupções no serviço, causar danos ambientais e resultar em penalidades legais (ALTERNATIVA DESENTUPIDORA, 2019; LIMPAFOSSA, 2025). Para mitigar esses riscos, a **manutenção preventiva (MP)** se estabelece como uma abordagem essencial.

Diferentemente da manutenção corretiva, que atua somente após a ocorrência da falha, a MP consiste em um conjunto de intervenções planejadas, realizadas em intervalos de tempo predefinidos ou com base em indicadores de uso (como horas de operação ou volume processado), com o objetivo de reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do desempenho dos equipamentos (KARDEC; NASCIF, 2009; ESFERA ENERGIA, 2024). As tarefas típicas incluem inspeções, limpezas, lubrificações, ajustes e substituições programadas de peças (FLUID FEEDER, [s.d.]; SAAE VIÇOSA, 2024).

Embora abordagens como a manutenção preditiva (baseada na condição monitorada do ativo) também possam ser aplicadas, a manutenção preventiva constitui a espinha dorsal da gestão da manutenção em muitas ETAs e ETEs, especialmente para equipamentos com padrões de desgaste mais previsíveis ou onde a instrumentação para monitoramento contínuo é inviável ou não custo-efetiva.

Este artigo tem como objetivo discutir a implementação, os benefícios, os desafios e as melhores práticas associadas aos programas de manutenção preventiva no contexto específico das ETAs e ETEs. A análise busca responder à seguinte questão: como a aplicação sistemática de programas de manutenção preventiva pode contribuir para a melhorias das capacidades profissionais e a confiabilidade operacional, otimizar custos e assegurar a conformidade regulatória em ETAs e ETEs?

Para guiar a discussão, levantam-se as seguintes hipóteses: (H1) Um programa de manutenção preventiva bem estruturado e executado consistentemente reduz a frequência e o custo das intervenções de manutenção corretiva em ETAs/ETEs; e (H2) A prática sistemática da manutenção preventiva contribui para a manutenção da qualidade da água potável e do efluente tratado dentro dos padrões regulatórios estabelecidos.

A compreensão aprofundada dos princípios e práticas da manutenção preventiva, adaptada às particularidades do setor de saneamento, é crucial para gestores, engenheiros e técnicos que buscam garantir a operação confiável, segura e sustentável dessas instalações vitais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A aplicação eficaz da manutenção preventiva em ETAs e ETEs requer a compreensão de conceitos de gestão de ativos específicos do setor, dos fundamentos da própria MP e das ferramentas tecnológicas que podem apoiar sua implementação.

2.1 Gestão de Ativos em ETAs/ETEs

A gestão de ativos em saneamento envolve o gerenciamento otimizado do ciclo de vida das infraestruturas físicas para alcançar os objetivos de serviço de forma sustentável e custo-efetiva. As ETAs e ETEs possuem uma gama diversificada de ativos críticos, incluindo equipamentos mecânicos (bombas, sopradores, raspadores de lodo, válvulas), elétricos (motores, painéis de controle, geradores), civis (tanques, tubulações, estruturas de concreto) e de instrumentação/automação (sensores de nível, vazão, pH, cloro, turbidez, sistemas SCADA) (SAAE VIÇOSA, 2024; NIVETEC, 2022).

Cada tipo de ativo possui modos de falha específicos, como desgaste de peças móveis, obstruções em tubulações e grades, corrosão de estruturas metálicas e tanques, falhas em componentes elétricos ou descalibração de instrumentos (SAAE VIÇOSA, 2024). A falha de um único componente crítico pode comprometer todo o processo de tratamento (FUSATI AMBIENTAL, 2023).

A gestão eficaz desses ativos, alinhada a princípios como os da norma ISO 55000, busca equilibrar custos, riscos e desempenho ao longo do ciclo de vida. Isso inclui a manutenção planejada (como a preventiva) para garantir a confiabilidade operacional e atender aos níveis de serviço e padrões de qualidade exigidos pela legislação e agências reguladoras, como a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) no Brasil (ANA, [s.d.]; Lei nº 11.445/2007).

2.2 Manutenção Preventiva: Conceitos e Práticas

A manutenção preventiva (MP) é definida como o conjunto de ações realizadas de forma sistemática, em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios prescritos (baseados em tempo, uso ou condição observada em inspeção), destinadas a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de

um item (KARDEC; NASCIF, 2009; ESFERA ENERGIA, 2024). Seu objetivo principal é intervir antes que a falha ocorra, evitando paradas não planejadas e consequências mais graves.

Em ETAs e ETEs, as tarefas de MP são variadas e específicas para cada equipamento. Exemplos incluem: limpeza periódica de grades e peneiras para evitar obstruções; remoção programada de lodo de decantadores e tanques sépticos; inspeção e lubrificação de bombas e motores; verificação e limpeza de sistemas de dosagem de produtos químicos; calibração de instrumentos de medição; inspeção de tubulações e válvulas quanto a vazamentos ou corrosão (SAAE VIÇOSA, 2024; FLUID FEEDER, [s.d.]; LIMPAFOSSA, 2025).

A definição da frequência ideal para cada tarefa preventiva é crucial. Ela deve considerar as recomendações dos fabricantes, o histórico de manutenção do equipamento (dados sobre falhas passadas), as condições operacionais (carga, ambiente), a criticidade do ativo para o processo e os requisitos legais ou normativos (FLUID FEEDER, [s.d.]; SAAE VIÇOSA, 2024). Um plano de MP bem elaborado detalha quais tarefas realizar, com que frequência, quais peças e ferramentas são necessárias e quais os procedimentos de segurança a seguir.

O planejamento e o agendamento das atividades de MP são essenciais para garantir sua execução consistente e minimizar o impacto na operação. A documentação adequada de todas as intervenções realizadas é fundamental para criar um histórico confiável, que servirá de base para a otimização futura do programa de manutenção (ABECOM, [s.d.]).

2.3 Ferramentas de Apoio à Manutenção Preventiva em ETAs/ETEs

A gestão eficiente de um programa de MP, especialmente em plantas complexas com muitos ativos, é significativamente facilitada pelo uso de ferramentas tecnológicas adequadas.

Sistemas de Gerenciamento de Manutenção Computadorizados (CMMS): São softwares projetados para auxiliar no planejamento, programação, execução e controle das atividades de manutenção. Um CMMS permite: cadastrar todos os ativos da planta com suas informações técnicas; criar planos de MP detalhados com tarefas e frequências; gerar e distribuir ordens de serviço (OS) automaticamente; registrar o histórico de todas as manutenções (preventivas e corretivas); gerenciar o estoque de peças sobressalentes; e gerar relatórios de desempenho e custos (ABECOM, [s.d.]; INFRASPEAK, 2025; EMAINT, [s.d.]). A centralização da informação e a automação de tarefas proporcionadas pelo CMMS são cruciais para a eficiência do programa de MP (INFRASPEAK, 2025; ACQUABLOG, [s.d.]).

Sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition): Embora seu foco principal seja o controle operacional, os dados coletados por sistemas SCADA (como horas de funcionamento de bombas, ciclos de operação de válvulas, vazões, pressões) podem ser utilizados para disparar tarefas de MP baseadas no uso real dos equipamentos, tornando os intervalos mais precisos do que aqueles baseados apenas em calendário (EMAINT, [s.d.]). A integração entre SCADA e CMMS pode otimizar o agendamento da MP.

Instrumentação e Ferramentas de Inspeção: As rotinas de MP frequentemente envolvem o uso de instrumentos básicos para verificar condições operacionais, como termômetros (para verificar superaquecimento de motores ou rolamentos), medidores de vibração portáteis (para detectar problemas mecânicos incipientes), manômetros, e kits para análises rápidas de parâmetros de qualidade da água ou efluente. A capacitação dos técnicos no uso dessas ferramentas é importante (NIVETEC, 2022).

O uso integrado dessas ferramentas permite uma gestão mais organizada, documentada e eficiente do programa de manutenção preventiva, contribuindo para seus objetivos de confiabilidade e otimização de custos.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa adota uma abordagem metodológica qualitativa, centrada na revisão bibliográfica e na análise conceitual, seguindo a estrutura delineada no projeto base original. O objetivo é aplicar os princípios da manutenção preventiva ao contexto específico das Estações de Tratamento de Água e Esgoto (ETAs/ETEs), analisando sua importância, implementação e desafios neste setor.

Foi realizada uma busca sistemática em bases de dados acadêmicas (como Scielo, Google Scholar) e em fontes de informação do setor de saneamento e manutenção (sites de associações, fabricantes, empresas de engenharia e publicações especializadas). Utilizaram-se palavras-chave como: "manutenção preventiva", "estação de tratamento de água", "estação de tratamento de esgoto", "saneamento", "gestão de ativos ETA ETE", "confiabilidade operacional saneamento", "CMMS ETA ETE", "normas ABNT manutenção", "ANA saneamento", "Lei 14.026".

Os documentos selecionados (artigos científicos, manuais técnicos, normas, legislação, publicações de blogs especializados, estudos de caso quando disponíveis) foram analisados criticamente quanto à sua relevância para o tema da manutenção preventiva em ETAs/ETEs. Priorizou-se a informação que descrevesse práticas, benefícios, desafios e ferramentas aplicáveis a este contexto.

A análise consistiu em sintetizar as informações coletadas, relacionando os conceitos gerais de manutenção preventiva e gestão de ativos com as particularidades operacionais, técnicas e regulatórias do setor de saneamento. Buscou-se identificar como a MP pode responder aos desafios específicos das ETAs/ETEs, como a necessidade de operação contínua, a diversidade de ativos e a criticidade dos processos para a saúde pública e o meio ambiente.

A discussão dos resultados e benefícios é apresentada de forma conceitual, com base nas evidências encontradas na literatura, uma vez que não foram realizados estudos empíricos específicos no âmbito desta pesquisa. A estrutura argumentativa visa validar as hipóteses levantadas sobre o impacto positivo da MP na redução de custos corretivos e na conformidade da qualidade da água/efluente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da literatura e das práticas do setor de saneamento indica que a implementação de um programa robusto de manutenção preventiva (MP) em ETAs e ETEs gera resultados significativos em diversas frentes, corroborando as hipóteses levantadas.

Benefícios da Manutenção Preventiva em ETAs/ETEs:

1. **Aumento da Confiabilidade Operacional e Redução de Paradas:** Este é talvez o benefício mais direto. Intervenções planejadas evitam que pequenas falhas ou desgastes evoluam para problemas maiores, reduzindo drasticamente a ocorrência de paradas não programadas em equipamentos essenciais como bombas, sopradores, sistemas de dosagem ou desinfecção (ÁGUAS CLARAS ENGENHARIA, [s.d.]; ESFERA ENERGIA, 2024). Isso garante a continuidade do processo de tratamento, fundamental para o abastecimento de água e o tratamento de esgoto 24/7.
2. **Melhora na Qualidade da Água/Efluente e Conformidade Regulatória:** Equipamentos operando dentro de suas especificações, com instrumentos calibrados e processos livres de obstruções ou falhas, tendem a produzir água potável ou efluente tratado com qualidade mais consistente e dentro dos padrões exigidos pelos órgãos reguladores e ambientais (NIVETEC, 2022; Lei nº 11.445/2007). A MP ajuda a evitar multas e sanções por não conformidade (ALTERNATIVA DESENTUPIDORA, 2019; LIMPAFOSSA, 2025).
3. **Prolongamento da Vida Útil dos Ativos:** A realização regular de tarefas como limpeza, lubrificação e substituição de peças de desgaste protege os equipamentos contra danos prematuros e corrosão, maximizando seu tempo de vida útil e postergando a necessidade de grandes investimentos em substituição (ÁGUAS CLARAS ENGENHARIA, [s.d.]; ESFERA ENERGIA, 2024; LIMPAFOSSA, 2025).
4. **Otimização de Custos:** Embora a MP envolva custos planejados com mão de obra, peças e materiais, esses custos são geralmente inferiores aos custos associados a reparos emergenciais (que incluem horas extras, fretes urgentes de peças, perdas de produção ou multas) (FLUID FEEDER, [s.d.]; ESFERA ENERGIA, 2024; ABECOM, [s.d.]). Um programa de MP eficaz reduz os custos totais de manutenção a longo prazo.
5. **Melhora da Segurança Operacional:** Equipamentos bem mantidos e inspecionados regularmente apresentam menor risco de falhas catastróficas, vazamentos ou acidentes, protegendo a integridade física dos operadores e técnicos de manutenção (FLUID FEEDER, [s.d.]; ESFERA ENERGIA, 2024).

Implementação de um Programa de Manutenção Preventiva:

A implementação bem-sucedida de um programa de MP em ETAs/ETEs geralmente segue etapas como:

- **Planejamento:** Inclui o levantamento e cadastro detalhado de todos os ativos (usando um CMMS), a análise de sua criticidade para o processo, a definição das tarefas de MP para cada ativo (com base em manuais, histórico e normas), o estabelecimento das frequências adequadas e a elaboração de procedimentos operacionais padrão (POPs) (SAAE VIÇOSA, 2024; ABECOM, [s.d.]).

- **Execução:** Envolve o agendamento das tarefas (idealmente via CMMS), a alocação de recursos (mão de obra qualificada – interna ou terceirizada, ferramentas, peças de reposição), a emissão de Ordens de Serviço (OS) detalhadas e a execução das tarefas em campo seguindo os POPs e as normas de segurança.
- **Controle e Melhoria Contínua:** O registro preciso das atividades realizadas (incluindo tempo gasto, peças usadas, condições encontradas) no CMMS é fundamental. A análise desses dados históricos, juntamente com o feedback dos operadores e técnicos, permite avaliar a eficácia do programa, identificar falhas recorrentes, ajustar as frequências das tarefas e otimizar o plano de MP continuamente (ABECOM, [s.d.]; INFRASPEAK, 2025).

Desafios Comuns:

Apesar dos benefícios claros, a implementação enfrenta desafios, como: restrições orçamentárias que dificultam a alocação de recursos adequados; a necessidade de programar paradas em equipamentos que operam continuamente, exigindo planejamento cuidadoso ou redundância; a disponibilidade de mão de obra qualificada e treinada nas especificidades dos equipamentos de ETAs/ETEs (NIVETEC, 2022; AGÊ TECNOLOGIAS, [s.d.]); a gestão de um estoque de peças de reposição diversificado; e, por vezes, uma cultura organizacional ainda focada na manutenção corretiva.

Papel do CMMS:

O uso de um Sistema de Gerenciamento de Manutenção Computadorizado (CMMS) é um fator crítico de sucesso. Ele supera as limitações de controles manuais ou planilhas, centralizando todas as informações sobre ativos e manutenção, automatizando o agendamento e a geração de OS, facilitando o registro de dados e permitindo análises que fundamentam a tomada de decisão e a melhoria contínua do programa de MP (ABECOM, [s.d.]; INFRASPEAK, 2025; ACQUABLOG, [s.d.]).

Em resumo, a discussão baseada na literatura e nas práticas setoriais demonstra que a manutenção preventiva é uma ferramenta poderosa e necessária para a gestão eficaz de ETAs e ETEs. Seus benefícios em termos de confiabilidade, conformidade, segurança e otimização de custos superam os desafios de implementação, especialmente quando apoiada por um planejamento sólido e ferramentas adequadas como o CMMS.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo revisou a importância e a aplicação da manutenção preventiva (MP) no contexto crítico das Estações de Tratamento de Água e Esgoto (ETAs/ETEs). A análise conceitual, suportada pela literatura e por práticas do setor de saneamento, reforça a MP não apenas como uma boa prática de engenharia, mas como um pilar essencial para garantir a confiabilidade operacional, a proteção da saúde pública, a preservação ambiental e a conformidade com o arcabouço regulatório, incluindo o Marco Legal do Saneamento (Lei nº 14.026/2020). Os benefícios da implementação sistemática de programas de MP são claros e tangíveis. A redução de falhas inesperadas e do tempo de inatividade dos equipamentos, o prolongamento de sua vida útil, a manutenção consistente da qualidade da água e do efluente tratado, a maior segurança para os trabalhadores e a otimização dos custos totais de manutenção (reduzindo gastos emergenciais) são vantagens que justificam plenamente o investimento em planejamento, recursos e ferramentas para a MP (FLUID FEEDER, [s.d.]; ESFERA ENERGIA, 2024; ÁGUAS CLARAS ENGENHARIA, [s.d.]).

A implementação bem-sucedida, no entanto, depende de um compromisso organizacional e de uma abordagem estruturada. O planejamento detalhado, baseado no conhecimento dos ativos e de suas criticidades, a execução disciplinada das tarefas programadas e o uso de ferramentas como o CMMS para gestão da informação e controle são fatores-chave (ABECOM, [s.d.]; INFRASPEAK, 2025). A capacitação contínua das equipes de operação e manutenção também é fundamental para o sucesso (NIVETEC, 2022; AGÊ TECNOLOGIAS, [s.d.]).

As hipóteses levantadas foram corroboradas pela análise: espera-se que um programa de MP eficaz reduza significativamente os custos associados à manutenção corretiva e contribua positivamente para a manutenção dos padrões de qualidade exigidos, auxiliando na conformidade regulatória.

Como limitações, reitera-se que este trabalho se baseou em revisão bibliográfica e análise conceitual. Estudos de caso quantitativos específicos em ETAs/ETEs brasileiras seriam valiosos para mensurar com maior precisão o retorno sobre o investimento em programas de MP no contexto local.

Para futuras pesquisas e desenvolvimento de práticas, sugere-se explorar a otimização dos intervalos de MP com base em dados operacionais e análise de risco, avançando em direção a estratégias de manutenção baseada na condição (CBM) onde aplicável e custo-efetivo. A integração mais profunda entre CMMS,

sistemas SCADA e outras ferramentas de diagnóstico pode potencializar a eficiência da gestão da manutenção. O desenvolvimento de benchmarks de desempenho de manutenção para o setor de saneamento brasileiro também seria de grande valia.

Conclui-se que a manutenção preventiva é indispensável para a operação sustentável e eficiente das ETAs e ETEs. Sua adoção e aprimoramento contínuo são cruciais para que o setor de saneamento atinja as metas de universalização e qualidade, garantindo serviços essenciais à população com confiabilidade e responsabilidade socioambiental.

REFERÊNCIAS

1. ABECOM. **O que é CMMS? Uma visão geral do software de gerenciamento de manutenção.** Abecom Rolamentos, [s.d.]. Disponível em: <https://www.abecom.com.br/cmms-software-de-manutencao/>. Acesso em: 03 mai. 2025.
2. ACQUABLOG. **Ferramentas indispensáveis para operação de ETA e ETE na era digital.** AcquaBlog by Acqua Terapia, [s.d.]. Disponível em: <https://acquablog.acquasolution.com/eta-e-ete-na-era-digital/>. Acesso em: 03 mai. 2025.
3. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Saneamento Básico no Brasil.** Portal Gov.br, [s.d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/saneamento-basico/saneamento-basico-no-brasil>. Acesso em: 03 mai. 2025.
4. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Resolução nº 187, de 27 de março de 2024. Aprova a Norma de Referência nº 7/2024 para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico [...]. **Diário Oficial da União:** seção 1, Brasília, DF, n. 61, p. 40, 28 mar. 2024. Disponível em: <https://agenciagov.etc.com.br/noticias/202404/norma-de-referencia-sobre-os-servicos-publicos-de-saneamento-basico-entre-em-vigor-nesta-segunda-feira-1o>. Acesso em: 03 mai. 2025.
5. AGÊ TECNOLOGIAS. **Operação ETE / ETA.** AgE Tecnologias, [s.d.]. Disponível em: <https://agetec.com.br/meio-ambiente/operacao-ete-eta/>. Acesso em: 03 mai. 2025.
6. ÁGUAS CLARAS ENGENHARIA. **Manutenção de Estação de Tratamento de Água e Efluentes.** Águas Claras Engenharia, [s.d.]. Disponível em: <https://aguasclarasengenharia.com.br/manutencao-de-estacao-de-tratamento-de-agua-e-efluentes/>. Acesso em: 03 mai. 2025.
7. ALTERNATIVA DESENTUPIDORA. **Benefícios da manutenção preventiva nas redes de esgoto.** Alternativa Desentupidora Blog, 21 ago. 2019. Disponível em: <https://alternativadesentupidora.com.br/beneficios-da-manutencao-preventiva/>. Acesso em: 03 mai. 2025.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade - Terminologia.** Rio de Janeiro, 1994.
9. BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico [...]. **Diário Oficial da União:** seção 1, Brasília, DF, 8 jan. 2007. Compilado disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm. Acesso em: 03 mai. 2025.
10. BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico. **Diário Oficial da União:** seção 1, Brasília, DF, 16 jul. 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm. Acesso em: 03 mai. 2025.
11. EMAINT. **Software CMMS para a gestão da manutenção.** eMaint CMMS, [s.d.]. Disponível em: <https://www.emaint.com/pt/cmms/emaint-cmms-software/>. Acesso em: 03 mai. 2025.
12. ESFERA ENERGIA. **Manutenção preventiva: o que é, para que serve + 5 benefícios.** Esfera Energia Blog, 15 ago. 2024. Disponível em: <https://blog.esferaenergia.com.br/gestao-empresarial/manutencao-preventiva>. Acesso em: 03 mai. 2025.
13. FLUID FEEDER. **Manutenção preventiva em sistemas de tratamento de água.** Fluid Feeder Blog, [s.d.]. Disponível em: <https://www.fluidfeeder.com.br/blog/manutencao-preventiva-em-sistemas-de-tratamento-de-agua/>. Acesso em: 03 mai. 2025.
14. FUSATI AMBIENTAL. **Tratamento de Esgoto: Benefícios para o Saneamento e Economia de Recursos.** Fusati Ambiental Blog, 30 nov. 2023. Disponível em: <https://fusatiambiental.com.br/tratamento-de-esgoto-beneficios-para-o-saneamento-e-economia-de-recursos/>. Acesso em: 03 mai. 2025.
15. INFRASPEAK. **Guia completo do CMMS 2025.** Infraspak Blog, [2024/2025]. Disponível em: <https://blog.infraspak.com/pt-br/cmms/>. Acesso em: 03 mai. 2025.



16. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 55000: Asset management — Overview, principles and terminology**. Geneva: ISO, 2014.
17. KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção Função Estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.
18. LIMPAFOSSA. **A Importância da Manutenção Preventiva de Fossas Sépticas**. Limpafossa Blog, 19 fev. 2025. Disponível em: <https://www.limpafossa.com.br/a-importancia-da-manutencao-preventiva-de-fossas-septicas/>. Acesso em: 03 mai. 2025.
19. MARCO LEGAL DO SANEAMENTO. **Entenda o Marco Legal do Saneamento**. Água e Saneamento, [s.d.]. Disponível em: <https://marcolegal.aguaesaneamento.org.br/entenda-o-marco-legal/>. Acesso em: 03 mai. 2025.
20. NIVETEC. **Operador ETA e ETE: papéis e importância no ciclo da água**. Nivetec Instrumentação e Controle, 08 dez. 2022. Disponível em: <https://www.nivetec.com.br/eta-ete-2/>. Acesso em: 03 mai. 2025.
21. SAAE VIÇOSA. **Manual de Operação e Manutenção da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)**. Viçosa: SAAE Viçosa, 2024. Disponível em: <https://www.saaevicosa.mg.gov.br/pagina/136/manuais-de-operacoes/download/866/>. Acesso em: 03 mai. 2025.
22. SANEVIX. **Manutenção em estação de tratamento de água**. Sanevix Engenharia, [s.d.]. Disponível em: <https://www.sanevix.com.br/manutencao-estacao-tratamento-agua>. Acesso em: 03 mai. 2025.
23. SAP. **What is CMMS Software?**. SAP Portugal, [s.d.]. Disponível em: <https://www.sap.com/portugal/products/scm/asset-management-eam/what-is-cmms.html>. Acesso em: 03 mai. 2025.
24. TBC AUTOMAÇÃO. **Automação de ETE/ETA**. TBC Automação, [s.d.]. Disponível em: <https://tbcautomacao.com.br/automacao-de-ete-eta/>. Acesso em: 03 mai. 2025.