

970 - FERRAMENTAS METODOLÓGICAS PARA O DIAGNÓSTICO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO: UMA VISÃO PARA ALÉM DO PADRÃO DE LANÇAMENTO

André Pereira Rosa⁽¹⁾

Graduação em Engenharia Ambiental (UFV) (2007), mestrado (2009) e doutorado (2013) em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e PhD pela Universidade de Cranfield (Inglaterra). Atualmente é professor Adjunto do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV. Atua na área de Saneamento Básico e Controle ambiental, com ênfase em qualidade da água, tratamento de efluentes, gerenciamento e aproveitamento energético de recursos, monitoramento de sistemas descentralizados e simplificados de esgoto doméstico.

Jackeline de Siqueira Castro⁽²⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista (UNIPAM) mestre e doutora em Engenharia Civil (UFV). Engenheira Sanitarista no Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico da Zona da Mata de Minas Gerais (CISAB ZM).

Thainá Venturini Nunes⁽²⁾

Engenheira Ambiental (UFV). Especialista em Sistemas de Saneamento (IPOS) e mestranda em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (UNIFEI). Engenheira Sanitarista no Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico da Zona da Mata de Minas Gerais (CISAB ZM).

Iolanda de Sena Gonçalves⁽²⁾

Bióloga (UFSJ) e mestre em Ciência Florestal (UFV). Superintendente do Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico da Zona da Mata de Minas Gerais (CISAB ZM).

Endereço⁽¹⁾: Campus Universitário, s/n. Viçosa. 36570-900. Brasil - Tel: +55 (31) 3612-4032 e-mail: andrerosa@ufv.br.

RESUMO

Esta pesquisa teve por objetivo a proposta de um ferramental metodológico que considere outros aspectos relevantes para o diagnóstico de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE). Para tanto, o estudo do desempenho das ETEs foi realizado a partir da experiência de tratamento de esgoto de 8 municípios integrantes do Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico (CISAB – Zona da Mata/MG), com 28 ETEs instaladas. Inicialmente, um checklist foi concebido e aplicado aos gestores e colaboradores nas ETEs. O checklist foi estruturado a fim de levantar informações referentes a i) operação da ETE; ii) atendimento a aspectos de projeto; iii) monitoramento e amostragem; iv) manutenção e segurança na ETEs; v) documentação; vi) funcionários e capacitação; e vii) aspectos de sustentabilidade. Para cada ETE, algumas das questões foram pontuadas, gerando uma nota para cada quesito. Na sequência, foi proposto e calculado um índice global para a ETE (I_{ETE}). Quando ao diagnóstico das ETEs, a nível secundário as principais alternativas tecnológicas empregadas foram os reatores UASB (14 ETEs), seguido dos Tanques Sépticos + Filtros Anaeróbios (TS+FA) (12 ETEs), com algumas variantes de pós-tratamento para reatores UASB: 6 ETEs com FA, 4 ETEs com Biofiltro Aerado Submerso e apenas 1 ETE com Lodos Ativados. O I_{ETE} das ETEs variou de 2,04 a 6,98, sendo identificado mais fragilidades nos quesitos de Sustentabilidade, Manutenção/Segurança e Funcionários e Capacitação. Acredita-se que o emprego conjunto do checklist e do I_{ETE} promoveria um melhor diagnóstico das ETEs favorecendo uma melhor gestão e tomada de decisão com vistas à promoção do Saneamento Básico.

PALAVRAS-CHAVE: Checklist, diagnóstico ambiental, índice de qualidade, esgotamento sanitário.

INTRODUÇÃO

Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) tem por finalidade a remoção de poluentes, os quais viriam a causar a deterioração da qualidade dos cursos d'água e a disseminação de doenças. Dentre as principais impurezas a serem removidas em um ETE, destacam-se a matéria orgânica, nutrientes, sólidos e organismos patogênicos (VON SPERLING, 2020).

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), apenas 30% do total de municípios brasileiros possuem ETEs, sendo estimadas 2.768 unidades distribuídas em 1.592 cidades, o que corresponde a 43% da população urbana atendida por sistema coletivo de coleta e tratamento dos esgotos (ANA, 2017). De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), no ano de 2018, a estimativa era do tratamento de 46% do volume de esgoto gerado (SNIS, 2019). Embora seja crescente o número de ETEs instaladas no Brasil, a cobertura do tratamento de esgoto doméstico ainda é incipiente. Segundo levantamento realizado pela ANA, cerca de 37% das ETEs no Brasil empregam tecnologias anaeróbias em seu fluxograma de tratamento, sendo o reator UASB um dos principais (ANA, 2020).

Em adição, pairam ainda incertezas sobre a efetividade dos sistemas de tratamento existentes, tornando-se fundamental o desenvolvimento de pesquisas para investigar processos de tratamento em escala real e verificar as condições operacionais existentes (DANTAS *et al.*, 2022).

Diante deste contexto, ressalta-se a importância da avaliação da performance das ETEs, para tanto, o mais usual tem sido a consideração da eficiência das unidades de tratamento com vistas ao atendimento dos padrões de lançamento (VON SPERLING, 2020). Sururi *et al.* (2023), Engstler *et al.* (2022) e Ramkumar *et al.* (2022) reportam o desenvolvimento de índices e estudos focados no desempenho das ETEs, entretanto, ainda há lacunas na literatura relacionada a propostas metodológicas que considerem o atendimento da operação destas unidades à luz de outros aspectos. Para tanto, esta pesquisa tem por objetivo a proposta de um ferramental metodológico que considere outros aspectos relevantes, tais como: operação da ETE, atendimento a aspectos de projeto, monitoramento e amostragem, manutenção e segurança na ETEs, documentação, funcionários e capacitação, assim como aspectos de sustentabilidade.

Acredita-se que a consideração de outros aspectos possa favorecer uma visão mais ampla e significativa da operação de ETEs e evidenciar vantagens para os gestores e companhias de saneamento para a tomada de decisão. A proposta considera um importante Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico (CISAB – Zona da Mata/MG) (50 municípios com população atendida da ordem de 1 milhão de hab.), com características que bem representam as condições sanitárias e desafios, em âmbito nacional, encontrados na promoção do esgotamento sanitário. A validação do conjunto de ferramentas metodológicas permitiria a geração de um produto que poderia ser replicado em outros locais para um melhor diagnóstico de ETEs.

OBJETIVOS

Propor ferramentas metodológicas a fim de favorecer o diagnóstico mais amplo e representativo de aspectos relativos à operação de Estações de Tratamento de Esgoto.

METODOLOGIA UTILIZADA

Área de estudo

A concepção de uma proposta metodológica para a determinação do desempenho das ETEs foi realizada concebida a partir da experiência de tratamento de esgoto de 8 municípios integrantes do Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico (CISAB – Zona da Mata/MG). Na Figura 1 são indicadas as cidades consideradas, assim como a localização das 28 ETEs. As ETEs consideradas nos municípios correspondem a: Acaiaca (1), Manhauçu (7), Muriaé (7), Pedro Teixeira (1), Rio Doce (4), Vermelho Novo (1), Viçosa (6). Na Tabela 1 são apresentadas algumas das principais características das cidades avaliadas em termos de esgotamento sanitário.

Proposta metodológica para o diagnóstico das ETEs

Em um primeiro momento foi concebido um checklist que foi aplicado aos gestores e colaboradores responsáveis pela gestão e operação das ETEs em funcionamento. O checklist considerou alguns quesitos que foram entendidos como importantes para uma compreensão mais abrangente do diagnóstico das ETEs, a saber: Aspecto Operacional, Concepção e Projeto, Programa de monitoramento, Manutenção e Segurança, Documentação,

Funcionários e Capacitação e Sustentabilidade. Na Tabela 2 são detalhados alguns itens que foram considerados, assim como a temática das questões que foram abordadas. O checklist foi aplicado durante visitas em campo às 28 ETEs, as observações ocorreram por **i)** observação visual da operação e condição das unidades que compõem as ETEs; **ii)** questionamentos aos colaboradores (operadores da ETE) sobre as rotinas operacionais e práticas adotadas; **iii)** levantamento de informações, como informações sobre o projeto, histórico de dados do monitoramento da ETE e verificação das licenças ambientais e suas condicionantes. Para cada item foi elaborada uma listagem de perguntas com questões binárias e/ou o levantamento de informações complementares. O checklist foi aplicado aos gestores das companhias de saneamento e/ou responsáveis pela operação das ETEs.

Em um segundo momento, foram consideradas as ETEs que estavam efetivamente em operação (19). Para estas ETEs foi proposto e calculado um índice para a ETE (I_{ETE}), o qual foi calculado a partir da equação 1:

Equação 1:

$$I_{ETE} = \sum_{i=1}^n w_i \cdot q_i$$

Em que:

w_i : peso atribuído a cada item na pesquisa de opinião cuja somatória é igual a 100;

q_i : pontuação atribuída a cada item a partir dos critérios de pontuação após a aplicação do check-list, o qual corresponde à razão entre o número de respostas positivas / número total de respostas que foram consideradas.

Para algumas questões do checklist foram atribuídas pontuações (1 ponto para respostas associadas a um aspecto positivo e 0 pontos para respostas associadas a um aspecto negativo), no sentido de gerar uma nota para cada um dos sete itens em análise. Inicialmente, o checklist foi aplicado às 6 ETEs do município de Viçosa a fim de validar e proposição de adequações, para então ser replicado nas demais ETEs. A princípio, os pesos para os quesitos foram considerados iguais, mas está em elaboração um questionário onde os gestores das companhias de saneamento dos municípios irão indicar os setes itens em ordem de importância para a adequada operação e atividade da ETE, atribuindo pesos que somados totalizariam o valor 100, sendo baseada na metodologia Delphi (LINSTON e TUROFF, 1975). De forma complementar, as notas para os itens foram plotadas em gráficos de radar, com o intuito de se verificar de forma comparativa e global as fragilidades e boas condições reportadas na operação das ETEs.

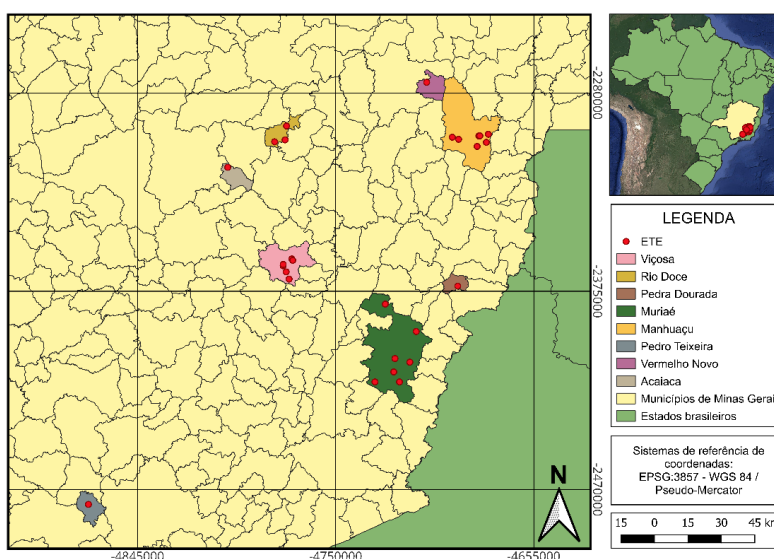


Figura 1: Indicação dos municípios e das ETEs onde foi concebida a proposta metodológica para o diagnóstico de ETEs.

Tabela 1: Dados referentes às condições de esgotamento sanitário nos municípios considerados para o estudo.

Município	População	Afastamento do esgoto			Índice	
		Rede ¹	Fossa ² não ligada à rede	Fossa rudimentar ou buraco	Coleta de esgotos	% do esgoto coletado que é tratado
Acaiaca	3.909	1.657 hab. (42,4%)	412 hab. (10,5%)	222 hab. (5,6%)	100,0%	0%
Manhuaçu	91.886	71.144 hab. (77,8%)	5.487 hab. (6%)	4.359 hab. (4,77%)	95,9%	0,11%
Muriaé	104.108	95.148 hab. (92,1%)	667 hab. (0,65%)	1.430 hab. (1,4%)	98,0%	34,4%
Pedra Dourada	2.757	2.048 hab. (74,4%)	304 hab. (11,0%)	316 hab. (11,5%)	100,0%	14,4%
Pedro Teixeira	1.810	1.207 hab. (66,7%)	15 hab. (0,83%)	60 hab. (3,3%)	84,8%	75,4%
Rio Doce	10.891	4.964 hab. (45,8%)	824 hab. (7,6%)	1.232 hab. (11,4%)	100,0%	0%
Vermelho Novo	4.899	1.787 hab. (36,5%)	931 hab. (19,0%)	965 hab. (19,7%)	69,5%	0%
Viçosa	76.430	67.524 hab. (88,7%)	2.487 hab. (3,3%)	926 hab. (1,2%)	70,4%	0,71%

¹rede geral, rede pluvial ou fossa ligada à rede; ²fossa séptica ou fossa filtro não ligada à rede. Fonte: SNIS (2022), IBGE (2022).

Tabela 2: Itens considerados no check-list aplicado nas ETEs na área em estudo.

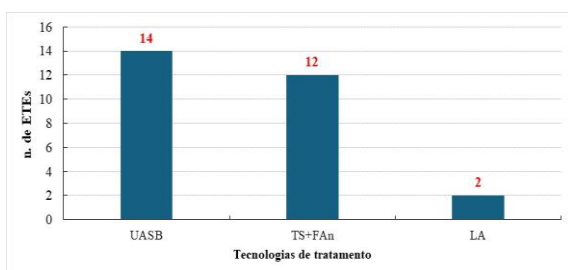
Item	Subitem	Questões e observações referentes a
Aspecto Operacional	▪ Chegada do esgoto	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Contribuição de água de chuva ▪ Caixa de entrada ▪ Extravasor de esgoto ▪ Elevatórias
	▪ Tratamento preliminar	▪ Situação do gradeamento, caixa de areia, medidor de vazão e tanque de equalização
	▪ Tratamento primário	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Situação da unidade e frequência de limza ▪ Destino do lodo
	▪ Tratamento secundário	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificação das condições de diferentes tecnologias de tratamento. ▪ Condições operacionais. ▪ Gerenciamento dos subprodutos gerados (escuma, lodo, biogás).
	▪ Gerenciamento do lodo	▪ Verificação da situação e operação das unidades de desidratação do lodo (centrífuga, filtro prensa e leito de secagem).
Concepção e Projeto	▪ Parâmetros de projeto	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Levantamento de dados de vazão, população atendida e consumo de água. ▪ Determinação dos principais parâmetros de projeto para as unidades e comparação com normas NBR e literatura.
Programa de monitoramento	▪ Detalhes do monitoramento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificação quando ao histórico de dados de monitoramento ▪ Identificação de pontos de coleta e nome de unidades. ▪ Adequação quando aos parâmetros analisados, pontos de coleta e frequência. ▪ Disponibilidade de dados de monitoramento ao público

Manutenção e Segurança	<ul style="list-style-type: none"> Manutenção de unidades e verificação da infraestrutura física 	<ul style="list-style-type: none"> Verificação de bombas, válvulas e tubulações Verificação de sistemas elétricos e iluminação na ETE Rotinas de manutenção das unidades da ETE Segurança, uso de EPIs e primeiros socorros Procedimentos de emergência Vetores, Monitoramento de Gases Tóxicos, Vegetação e Risco de Inundação
Documentação	<ul style="list-style-type: none"> Manuais e Planos Controle de rotinas e inspeções Licenças e Condicionantes 	<ul style="list-style-type: none"> Existência de Manual de Operação e Plano de Contingência. Controle e organização de dados obtidos em rotinas operacionais e inspeções. Condição das licenças ambientais e adequação a condicionantes.
Funcionários e Capacitação	<ul style="list-style-type: none"> Condições de trabalho Treinamento de funcionários 	<ul style="list-style-type: none"> Infraestrutura física para a atuação dos colaboradores Oferta de condições sanitárias. Oferta de treinamento aos colaboradores quando a operação da ETE, compreensão das ações realizadas e tomada de decisão.
Sustentabilidade	<ul style="list-style-type: none"> Práticas de sustentabilidade Políticas ambientais 	<ul style="list-style-type: none"> Existência de metas quando ao consumo de insumos (energia elétrica, produtos químicos). Gestão de resíduos (coleta seletiva) e destino adequado e sustentável dos subprodutos (lodo, biogás e espuma). Emprego de políticas para obtenção de certificações (ex: ISO 14001, selos verdes, etc.) Aderência a programa de créditos de carbono e redução de Gases de Efeito Estufa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

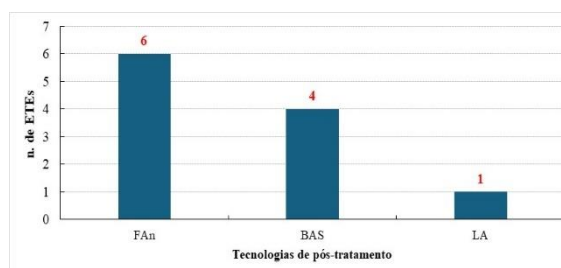
Principais alternativas tecnológicas empregadas nas ETEs

A Tabela 3 identifica os municípios e as informações reportados pelos gestores de saneamento para as ETEs visitadas, das 28 ETEs a gestão do esgotamento sanitário esteve a cargo de Prefeituras ou do SAAE. A título de organização das informações, o sistema reportado como decanto-digestor foi considerado como Tanque Séptico. Mendel (2004) reporta que os decanto-digestores abrangem diversos tipos de configurações consagradas, correspondendo a tanques simples ou divididos em compartimentos (câmaras em série) ou verticais (câmaras sobrepostas), sendo o tanque séptico a principal configuração. Para tanto, a Figura 2 apresenta o número total de ETEs por tecnologia de tratamento.



Legenda: TS (Tanque Séptico), FAu (Filtro Anaeróbio), LA (Lodos Ativados)

Figura 2: Alternativas tecnológicas das ETEs avaliadas na área de estudo.



Legenda: BAS (Biofiltro Aerado Submerso)

Figura 3: Tecnologias de pós-tratamento aplicadas após os reatores UASB analisados

Tabela 3: Detalhamento da operação e das alternativas tecnológicas das 28 ETEs visitadas.

Municípios	Vazão (L/s)	População (hab)	Tipo de tratamento	Gestão
Manhuaçu	2,4	-	LA	SAAE
	0,5	270	UASB + BAS + desinfecção	SAAE
	1,8	1200	UASB + BAS + desinfecção	SAAE
	1,0	600	LA + desinfecção	SAAE
	-	-	Decanto-digestor + FAn	SAAE
	1,9	2040	UASB + BAS + desinfecção	SAAE
	-	1152	UASB + BAS + desinfecção	SAAE
Muriaé	11,9	-	UASB	SAAE
	-	-	Decanto-digestor + FAn	SAAE
	14,1	-	Decanto-digestor + FAn	SAAE
	-	-	UASB + FAn + desinfecção	SAAE
	11,6	-	Decanto-digestor + FAn	SAAE
	4,4	-	Decanto-digestor + FAn	SAAE
	1,3	-	Decanto-digestor + FAn	SAAE
Rio Doce	-	-	TS + FAn	Prefeitura
	-	-	UASB + FAn	Prefeitura
	-	-	UASB + FAn	Prefeitura
	-	-	TS + FAn	Prefeitura
Viçosa	0,5	904	TS + FAn	SAAE
	0,2	244	TS + FAn	SAAE
	0,1	140	TS + FAn	SAAE
	0,5	312	TS + FAn	SAAE
	0,1	88	UASB + LA+desinfecção	SAAE
	1,0	916	UASB	SAAE
Pedro Teixeira	3	1800	UASB + FAn	Prefeitura
Vermelho Novo	12,0	-	UASB	Prefeitura
Pedra Dourada	-	-	UASB + FAn	Prefeitura
Acaiaca	-	-	UASB + FAn	Prefeitura

Legenda: TS (Tanque séptico), FAn (Filtro Anaeróbio), LA (Lodos Ativados), BAS (Biofiltro Aerado Submerso).

A nível secundário as principais alternativas tecnológicas empregadas são os reatores UASB (14 ETEs), seguido dos Tanques Sépticos + Filtros Anaeróbios (TS+FAn) (12 ETEs). O maior emprego destes sistemas nos 8 municípios avaliados está de acordo com o reportado por Chernicharo et al. (2018), que indicou como principais tecnologias, o emprego do reator UASB e do TS+FAn para populações abaixo de 2.000 habitantes no estado de Minas Gerais, como foi observado para as 28 ETEs.

Observa-se o emprego de reatores UASB em 14 das 28 ETEs (50%), com algumas variantes de pós-tratamento, com 6 ETEs com Filtro Anaeróbio, 4 ETEs com Biofiltro Aerado Submerso e apenas 1 ETE com Lodos Ativados no tratamento complementar do reator UASB (Figura 3). A seleção significativa dos reatores UASB como solução de projeto em Minas Gerais pode ser creditada, entre outros fatores, à preferência por sistemas compactos, em vista da geografia montanhosa do estado, bem como à influência das pesquisas sobre pós-tratamento de efluentes anaeróbios, no âmbito do Prosab (Programa de Pesquisas em Saneamento Básico). Em adição, as tecnologias de pós-tratamento aplicadas após os reatores UASB mais usuais no Brasil, em ordem decrescente correspondem ao Filtro Biológico Percolador, Filtro Anaeróbio, Lagoas, Lodos Ativados, seguido do Biofiltro Aerado Submerso (Chernicharo et al.

(2018).

Das ETEs visitas, observa-se algumas situações recorrentes, a saber: **i)** emprego do reator UASB de concreto, com área de decantação aberta e uma única caixa de distribuição (4 ETEs), o que é advindo de projetos financiados pela Funasa (Figura 4); **ii)** emprego de unidades modulares – 13 ETEs (Figura 5); **iii)** 6 ETEs predominantemente concebidas com a variante anaeróbia, reator UASB e pós-tratamento com FAn (Figura 6), via de regra, esta configuração não garante o atendimento aos padrões de lançamento (citação). Dentro deste contexto, Vianna et al. (2018) reportam que, embora existam diversas ETEs que utilizam sistemas TS+FAn na região Sudeste do Brasil, a maior parte dessas não atua com níveis de eficiências requeridos para assegurar a proteção da saúde pública e do ambiente. A ausência de programas de gerenciamento, que garantam o monitoramento e a inspeção regulares desses sistemas, pode ser apontada como um dos fatores que contribuem para o baixo desempenho das unidades de tratamento avaliadas.



Figura 4: Da esquerda para a direita: (i) reator UASB; (ii) área aberta do decantador; (iii) caixa distribuidora de esgoto no reator UASB. Vermelho Novo-MG.



Figura 5: Da esquerda para a direita: (i) reator UASB + lodos ativados + desinfecção; (ii) tanque séptico + filtro anaeróbio. Viçosa – MG.



Figura 6: Da esquerda para a direita: (i) reator UASB; (ii) filtro anaeróbio. Pedro Teixeira – MG.

Diagnóstico das ETES

Como já reportado, o diagnóstico das ETES não deve se atentar somente ao desempenho operacional e ao atendimento dos padrões de lançamento. As Figuras 7 e 8 apresentam gráficos de radar que reportam as duas menores e duas maiores notas atribuídas às ETES analisadas, respectivamente. As notas para cada item foram atribuídas de 0 a 10. Em adição, a Figura 9 reporta a quantidade de ETES que obtiveram notas inferiores a 5,0 nos quesitos que foram considerados.



Figura 7: Representação do gráfico radar para as duas ETES com menor pontuação para o IETE.

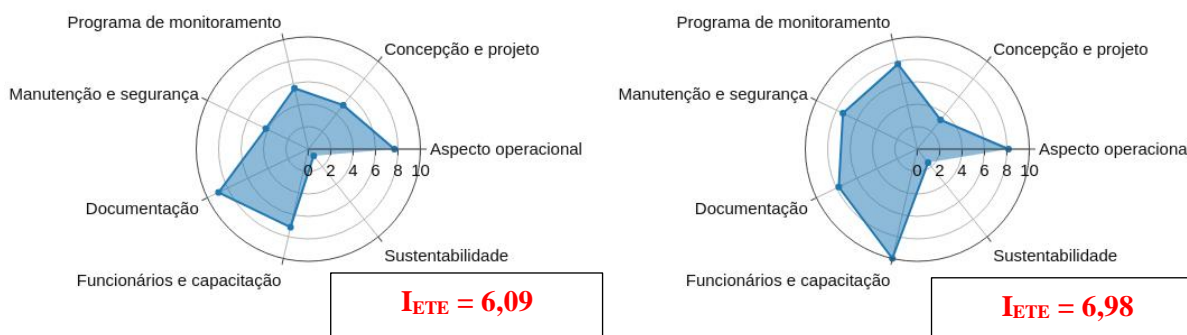


Figura 8: Representação do gráfico radar para as duas ETES com maior pontuação para o IETE.

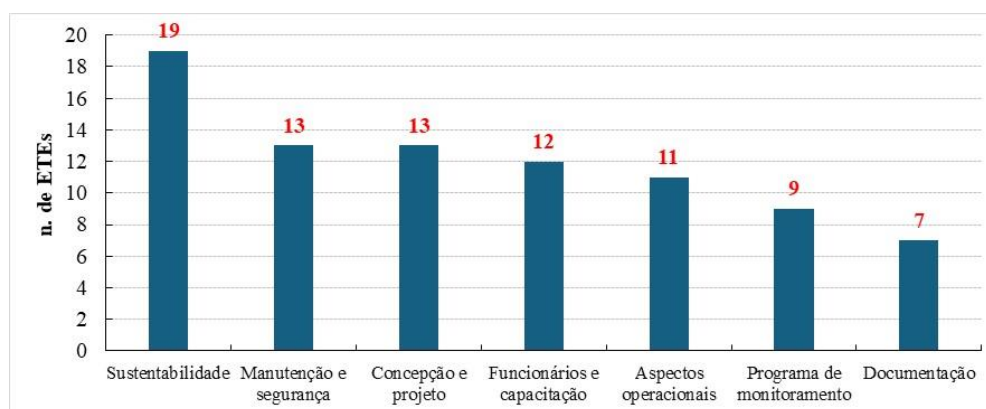


Figura 9: Indicação do número de ETEs que obtiveram notas inferiores a 5,0 para os quesitos considerados no cálculo do índice (I_{ETE}).

O quesito de **Sustentabilidade** foi o pior avaliado, em que todas as ETEs obtiveram notas inferiores a 5,0. Ressalta-se que a operação das ETEs ainda não está alinhada com proposta de gestão dos subprodutos, assim como na obtenção de créditos de carbono, o que poderia ser uma realidade, visto a grande maioria das ETEs (26 das 28 em operação) fazem uso de sistemas anaeróbios, sendo que a recuperação energético do biogás, ou até mesmo a queima simples deste subproduto, poderia ser considerado em propostas relacionadas a redução de gases de efeito estufa ou em eventuais mercados de crédito de carbono.

Em termos de **Manutenção e Segurança**, pode-se observar que os sistemas, mesmo que bem concebidos e instalados, não são devidamente operados e conduzidos pelos colaboradores, quanto a isso, algumas questões que chamam a atenção: **i)** devido a ausência de rotinas operacionais frequentes, em especial para o descarte de lodo, o pouco uso de válvulas e registros, assim como a sua manutenção, impactam negativamente nas suas condições de uso; **ii)** ausência de rotinas de prevenção para a manutenção de estruturas, em especial por problemas relacionados à corrosão advinda da presença de H_2S no biogás. Não foi identificado na operação de nenhum reatores UASB cuidados quanto ao controle de vazamentos e de selamento das escotilhas que dão acesso separador trifásico; **iii)** desconhecimento dos mecanismos formadores de espuma, assim como o gerenciamento deste subproduto; **iv)** problemas no gerenciamento do lodo, visto que em muitas ETEs, sequer haviam tubulações para o descarte do lodo, assim o frequente uso de caminhões limpa-fossa para a coleta do lodo descartado, não se fazendo uso dos leitos de secagem para a desidratação do subproduto.

Quanto a **Concepção e Projeto**, algumas situações podem ser apontadas, como o desconhecimento de aspectos de projeto por grande parte dos agentes gestores. Em poucas cidades foram verificados engenheiros responsáveis pelos sistemas. Em adição, muitas das ETEs foram instaladas após a obtenção de recursos governamentais, mas após a instalação, muitos dos gestores apresentaram dificuldades em confrontar as condições reais de operação das ETEs com as condições de projeto, em especial nas ETEs modulares; alinhado a isso, destaca-se ainda a carência de monitoramento regular em muitas unidades, assim como as dificuldades de obtenção de vazão, mesmo que na maioria dos sistemas tenha sido observado a presença de calha parshall.

No que se refere ao quesito **Funcionários e Capacitação**, em linhas gerais, foram observadas a ausência de programas de capacitação aos colaboradores para a operação dos sistemas, assim como no desconhecimento por grande parte destes dos mecanismos e operação dos sistemas. Do ponto de vista de condições de trabalho, a grande maioria não fazia uso regular de luvas e álcool para higienização, e apresentavam pouca preocupação com aspectos sanitários. Quando a estrutura física, em poucas ETEs foram observadas a presença de banheiros com chuveiro.

Quanto aos **Aspectos Operacionais**, muitas das ETEs apesar de apresentarem boa estrutura física, a maioria foi instalada nos últimos 10 anos, foram identificadas limitações quanto a adequada operação dos sistemas. Isso pode se relacionar com as limitações apresentadas quando a capacitação dos colaboradores, assim como da necessidade de pequenos ajustes operacionais, como a implementação da prática do uso de planilhas para a coleta de informações, em especial de vazão. Um outro aspecto é referente ao desconhecimento dos colaboradores quando a rotinas operacionais e o uso de equipamentos adquiridos e até então não empregados, como centrífugas.

Em linhas gerais, os quesitos de **Programa de Monitoramento** e **Documentação** foram os que apresentaram melhores condições. Em grande parte das ETEs realizava-se o monitoramento do sistema com vistas à protocolação dos resultados aos órgãos ambientais, entretanto, em muitos casos, os dados observados não eram utilizados para permitir a tomada de decisão com vistas ao aprimoramento operacional das ETEs. Em adição, o monitoramento se

atinha somente às preocupações com o padrão de lançamento, não havendo uma prática de análise do desempenho individual das unidades que compunham as ETEs. Quando a Documentação, muitas das ETEs possuíam licenças ambientais e os projetos das ETEs, entretanto, identificou-se ausência e/ou fragilidade quando a organização de documentos para uma melhor operação das ETEs, a saber: **i)** Manual de Operação; **ii)** Planos de Contingência; **iii)** Planilhas e histórico de dados advindos do monitoramento (vazão, pH e outros parâmetros coletados em campo).

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A proposta metodológica considerada a partir da concepção de um checklist e de um índice para reportar a operação de ETEs pode favorecer a melhoria da oferta da qualidade na oferta do tratamento de esgoto nos municípios. Até então, evidencia-se que os esforços das companhias de saneamento e dos gestores vão de encontro com o atendimento do padrão de lançamento, o que pode reportar, de forma errônea, que uma ETE bem operada é aquela que atende aos padrões ambientais.

A partir do espaço amostral analisado, pôde-se observar que aspectos de sustentabilidade, implementação de rotinas operacionais para os subprodutos (lodo, biogás e espuma) e interpretação dos resultados advindos do monitoramento ambiental com vistas à tomada de decisão ainda são um fator limitante na operação das ETEs.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe anual. Brasília, Brasil: ANA, 2020.

CHERNICHARO, C.A.L.; RIBEIRO, T.B.R.; GARCIA, G.B.G.; LERMONTOV, A.; PLATZER, C.J.; POSSETTI, G.R.C.; RENATO, N.A.L.L. Panorama do tratamento de esgoto sanitário nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil: tecnologias mais empregadas, *Revista DAE*, v.66, n. 212, p. 5 – 19.

DANTAS, M. S. et al. Avaliação de dados de monitoramento de estações de tratamento de esgotos domésticos operando com reatores UASB, localizadas na bacia hidrográfica do Rio das Velhas (MG), Brasil. *Eng Sanit Ambient*, v.27, n.2, p. 365-376, 2022.

ENGSTER, E. et al. Evaluating the Performance of Small Wastewater Treatment Plants. *Front. Environ. Sci.*, v. 10, 2022.

GALÃO JUNIOR, A.C. et al. A Informação no Contexto dos Planos de Saneamento Básico. Fortaleza: Expressão Gráfica Editora, p. 285, 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo Demográfico 2022: resultados preliminares*. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/>. Acesso em: 27 abr. 2025.

LINSTONE, H. A.; TUROFF, M. (Eds.). *The Delphi Method: Techniques and Applications*. Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Company, Advanced Book Program, p. 620, 1975.

MENDEL, L. Análise de tecnologias para o tratamento biológico de efluentes domésticos em comunidades de pequeno porte. Monografia, p. 68, Porto Alegre, 2004.

RAMKUMAR, D. et al. Performance assessment of sewage treatment plants using compliance index. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, v. 12, n. 6, p.485–497, 2022.

SURURI, M. R. et al. Performance evaluation of domestic waste water treatment system in urban Indonesia. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, v. 8, p. 100507, 2023. von Sperling, M. et al. *Assessment of Treatment Plant Performance and Water Quality Data: A Guide for Students, Researchers and Practitioners*, IWA Publishing, 2020.

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. (2023). *Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2022*. Ministério das Cidades. <https://www.gov.br/cidades/pt-br/snis>

VON SPERLING, M.; VERBYLA, M. E.; OLIVEIRA, S. M. A. C. *Assessment of Treatment Plant Performance and Water Quality Data: A Guide for Students, Researchers and Practitioners*. London: IWA Publishing, 2020.

VIANNA, T.C.; MESQUITA, T.C.R.; ROSA, A.P. Panorama do emprego de tanques sépticos e filtros anaeróbios no tratamento descentralizado de efluentes no Sudeste brasileiro, *Revista DAE*, v.67, n. 220, p. 157 – 172.