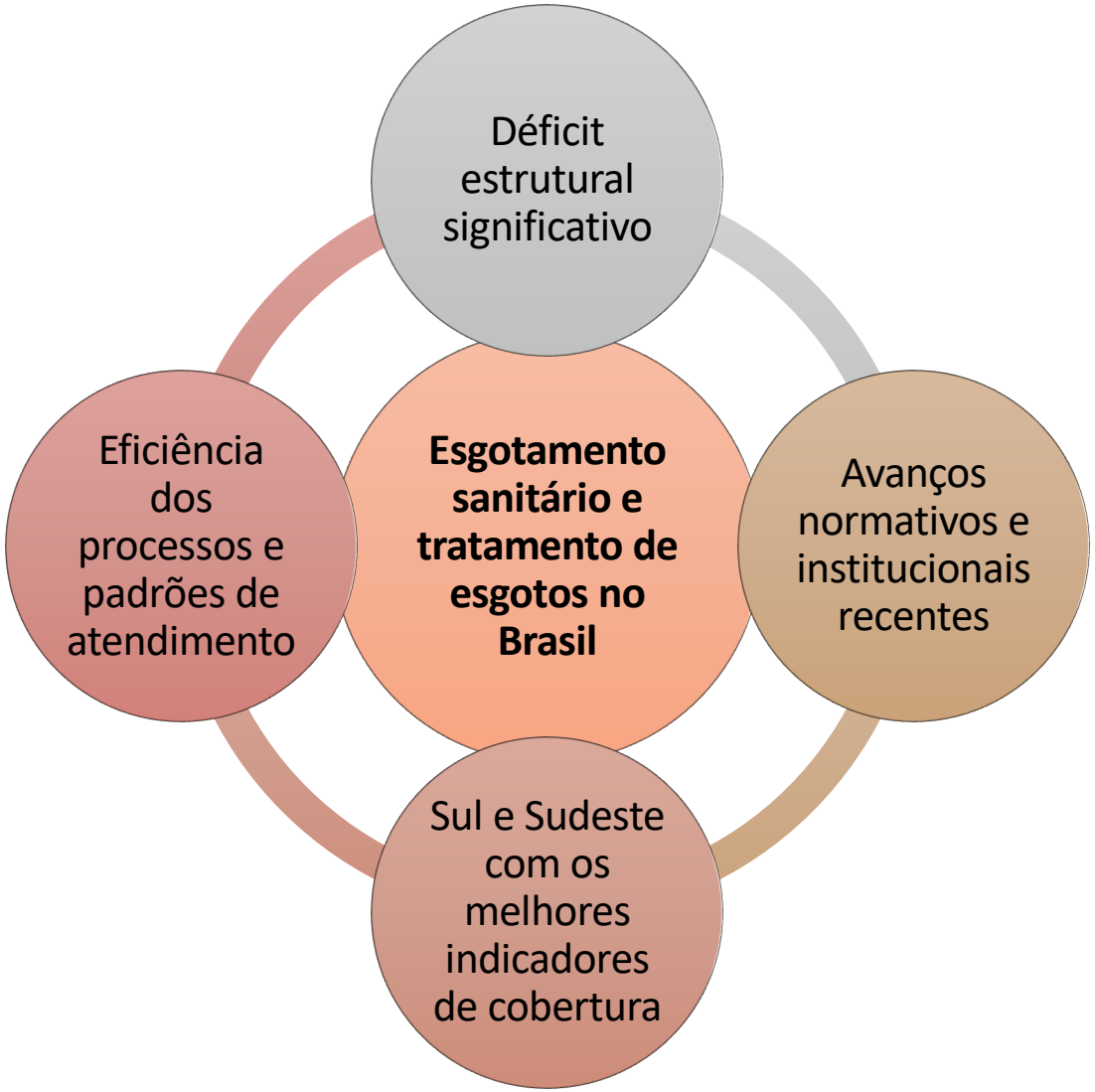
Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

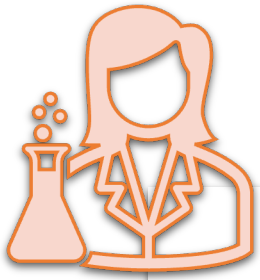
AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

37ETC-07487

TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO: ADERÊNCIA ÀS LEGISLAÇÕES AMBIENTAIS E PERSPECTIVAS DE APRIMORAMENTO EM ETES NO SUL E SUDESTE BRASILEIRO

Brenda Gonçalves Piteira Carvalho
Paulo Sérgio Souza Reis, Gabrielle dos Santos Marques e Marcella Paiva
ESSE Engenharia





Objetivos do trabalho

- Avaliar dados SINISA de ETEs do Sul e Sudeste
- Analisar legislações estaduais e federais (lançamento de efluentes e enquadramento de corpos receptores)
- Avaliar tendências tecnológicas de ETES e sua aderência às legislações ambientais

- **Legislações federais e estaduais do Sul e Sudeste**
  - Condições de lançamento de efluentes domésticos
  - Enquadramento de corpos hídricos superficiais
- **Dados de ETES – SINISA (7 Estados)**
  - Sul (Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul)
  - Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo)
- **Categorização de dados das ETEs**
  - Exclusão de ETEs sem descrição tecnológica
  - Decanto-digestores enquadrados como tanque séptico

Limites de lançamento de efluentes sanitários previstos em legislação federal brasileira e em legislações estaduais

Variáveis com limites	Federal	MG	RJ	SP	SC	RS
	Res. n° 430 (BRASIL, 2011)	DN n° 8 (MG, 2022)	NOP n° 45 (RJ, 2021)	Decreto n° 8.478 (SP, 1976)	Res. n° 182 (SC, 2021)	Res. n° 355 (RS, 2017)
DQO (mg/L/ remoção)		180 (55-65%)			180-210	150-330
DBO (mg/L/ remoção)	120 (60%)	60 (60-70%)	40-120	60 (80%)	50-75	40-120
SST (mg/L)		100	40-110			50-140
NT (mg/L)					N/A/PA	
N-am (mg/L)	20	20	10-20		N/A/PA	20
PT (mg/L)			1-4		4	1-4 [2]
CT/E. coli (NMP/100mL)					N/A/PA	10^3-10^6

Legislação Federal mais genérica (está em revisão) → Cenário mais restritivo nas legislações estaduais → Inclusão de variáveis como nutrientes e microrganismos indicadores

Limites previstos para as diferentes classes de corpos d'água (CONAMA n° 357/05)

Variáveis com limites	Classe 1	Classe 2	Classe 3
DBO (mg/L)	5	5	10
SDT (mg/L)	500	500	500
PT (mg/L)	0,020-0,100	0,030-0,100	0,050-0,150
Nitrato (mg/L)	10	10	10
Nitrito (mg/L)	1	1	1
N-am (mg/L)	0,5-3,7	0,5-3,7	1-13,3
CT (NMP/100mL)	200-2000	1000-2000	1000-4000

Padrões de qualidade do corpo receptor mais restritivos que os padrões de lançamento



Pressão nos corpos receptores e consequência aos limites de qualidade

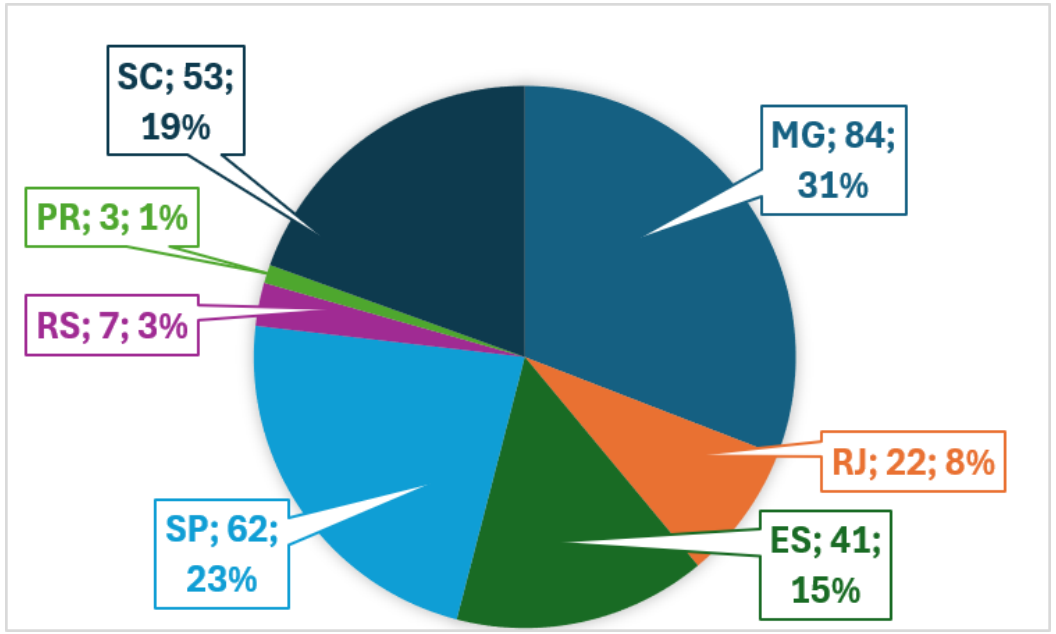


Capacidade de diluição afetada

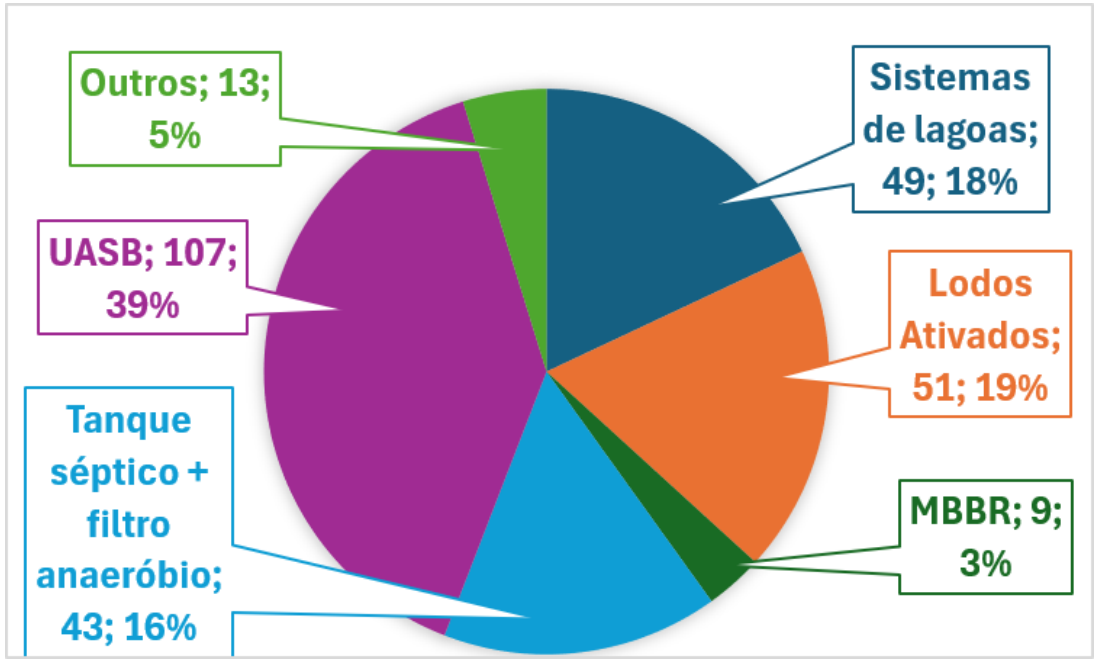


Demanda de arranjos tecnológicos (*retroffiting*)

Quantitativo de ETEs selecionadas por estado (n = 272).



Quantitativo de ETEs selecionadas por tecnologia (n = 272).



Três estados concentram 73% das unidades analisadas (MG, SP e SC)

Limite da base

PR com 3 ETEs indica subnotificação no SINISA, não ausência de reatores UASB.

UASB é a regra

107 unidades, 39% do total, consolidado por baixo custo e simplicidade operacional.

151 ETEs, 55%

UASB e tanque séptico com filtro anaeróbio, sem etapa aeróbia de pós-tratamento.

Avançado é marginal

MBBR responde por 9 unidades, 3% do parque analisado.

Nenhum arranjo predominante atende, isoladamente, nitrogênio, fósforo e coliformes

Arranjos que respondem pela maior parte das 272 ETEs.

Tecnologia	DQO	DBO	SST	N-am	NT	PT	CT/E. coli	Atende N, P e CT?
UASB (107 unidades)	45 a 79%	45 a 79%	45 a 79%	< 30%	< 30%	< 30%	< 30%	Não
Lodos ativados convencional (51 unidades)	> 80%	> 80%	> 80%	> 80%	< 30%	< 30%	< 30%	Não
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa (49 lagunares)	45 a 79%	45 a 79%	45 a 79%	30 a 44%	30 a 44%	30 a 44%	30 a 44%	Não
Tanque séptico + filtro anaeróbio (44 unidades)	45 a 79%	45 a 79%	45 a 79%	< 30%	< 30%	< 30%	< 30%	Não
UASB + filtro anaeróbio	> 80%	> 80%	> 80%	< 30%	< 30%	< 30%	< 30%	Não
UASB + lagoa facultativa	45 a 79%	> 80%	45 a 79%	< 30%	< 30%	< 30%	30 a 44%	Não
Lagoa facultativa	45 a 79%	45 a 79%	45 a 79%	30 a 44%	30 a 44%	30 a 44%	30 a 44%	Não

Eficiência de remoção: < 30% | 30 a 44% | 45 a 79% | > 80%

Fonte: adaptado de Von Sperling (2014), Chernicharo (2007), Metcalf & Eddy (2014) e Jordão e Pessôa (2017).

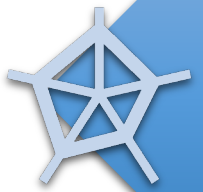
O atendimento exige combinação: pós-tratamento aeróbio, remoção de fósforo e desinfecção

Arranjos que respondem pela maior parte das 272 ETEs.

Tecnologia	DQO	DBO	SST	N-am	NT	PT	CT/E. coli	Atende N, P e CT?
UASB + filtro biológico percolador (FBP)	> 80%	> 80%	> 80%	30 a 44%	< 30%	< 30%	< 30%	Não
UASB + lodos ativados ou biofiltro aerado com nitrificação	> 80%	> 80%	> 80%	> 80%	< 30%	< 30%	< 30%	Não
Lodos ativados (aeração prolongada), SBR ou MBBR	> 80%	> 80%	> 80%	> 80%	30 a 44%	< 30%	< 30%	Não
UASB + flotação por ar dissolvido	> 80%	> 80%	> 80%	< 30%	< 30%	> 80%	< 30%	Não
Wetlands	45 a 79%	> 80%	> 80%	30 a 44%	30 a 44%	30 a 44%	45 a 79%	Não
UASB + lagoa de polimento	> 80%	> 80%	> 80%	45 a 79%	45 a 79%	45 a 79%	45 a 79%	Parcial
Lodos ativados com remoção N/P	> 80%	> 80%	> 80%	> 80%	45 a 79%	45 a 79%	< 30%	Parcial
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa de maturação	> 80%	> 80%	> 80%	45 a 79%	45 a 79%	45 a 79%	> 80%	Parcial
Precipitação química de fósforo (FeCl ou AlCl)	< 30%	< 30%	< 30%	< 30%	< 30%	> 80%	< 30%	Complementar
Radiação UV ou cloração	< 30%	< 30%	< 30%	< 30%	< 30%	< 30%	> 80%	Complementar

Eficiência de remoção: < 30% | 30 a 44% | 45 a 79% | > 80%

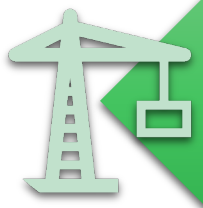
Fonte: adaptado de Von Sperling (2014), Chernicharo (2007), Metcalf & Eddy (2014) e Jordão e Pessôa (2017).



Heterogeneidade tecnológica: ETEs das regiões Sul e Sudeste apresentam soluções simplificadas, sistemas consolidados e tecnologias avançadas, com **predominância de processos anaeróbios**



Limitações das tecnologias tradicionais: sistemas exclusivamente anaeróbios e lagoas simples podem apresentar **baixa eficiência na remoção de N, P e indicadores microbiológicos**, dificultando o atendimento aos padrões atuais.



Necessidade de modernização: o cenário regulatório demanda ***retrofitting*** **das ETEs existentes**, com incorporação de pós-tratamento e processos mais eficientes.



Evolução tecnológica: soluções híbridas, pós-tratamento aeróbio, reatores compactos, remoção de nutrientes e desinfecção são estratégicos para garantir **conformidade ambiental, segurança sanitária e sustentabilidade**.

Referências bibliográficas

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 12209: Elaboração de projetos de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 maio 2011.
- BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 11.445/2007. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 jul. 2020.
- CHERNICHARO, C. A. L. *Reatores anaeróbios*. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2007.
- JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. *Tratamento de esgotos domésticos*. 6. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2017.
- METCALF & EDDY. *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2014.
- MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM). Deliberação Normativa COPAM nº 8, de 21 de novembro de 2022. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2 dez. 2022.
- RIO DE JANEIRO. Instituto Estadual do Ambiente (INEA). Resolução INEA nº 45, de 8 de fevereiro de 2021. Estabelece critérios e padrões de lançamento de esgoto sanitário tratado em corpos receptores. Rio de Janeiro: INEA, 2021.
- RIO GRANDE DO SUL. Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA). Resolução CONSEMA nº 355, de 13 de julho de 2017. Dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 19 jul. 2017.
- SANTA CATARINA. Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA). Resolução CONSEMA nº 182, de 6 de agosto de 2021. Estabelece as diretrizes para os padrões de lançamento de esgotos domésticos de sistemas de tratamento públicos e privados. Florianópolis: CONSEMA, 2021.
- SÃO PAULO. Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976. Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 1976.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES EM SANEAMENTO (SINISA). *Diagnóstico dos serviços de água e esgoto – Brasil*. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2026.
- VON SPERLING, M. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Vol. 1: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.
- VON SPERLING, M. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Vol. 2: Lodos ativados*. 3. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2016.
- VON SPERLING, M. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Vol. 3: Lagoas de estabilização*. 3. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2017.

Agradecimentos





Obrigado!

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

Brenda Gonçalves Piteira Carvalho

bcarvalho@esseengenharia.com.br
+55 91 98991-9422
@esse.engenharia

Coautores

Paulo Sérgio Souza Reis
preis@esseengenharia.com.br

Gabrielle dos Santos Marques
gmarques@esseengenharia.com.br

Marcella Paiva
mpaiva@esseengenharia.com.br