

Subsídios à proposta de alteração da Resolução CONAMA n.º 430/2011

Nota Técnica

Outubro de 2025

Sumário

1	Apresentação.....	3
2	Introdução	4
3	Panorama das tecnologias de tratamento de esgoto empregadas nos municípios brasileiros com população superior a 500 mil habitantes.....	5
4	Análise consubstanciada dos padrões de lançamento de nitrogênio amoniacal e de fósforo vigentes nas Unidades da Federativas do Brasil e em outros países	7
4.1	Cenário nacional.....	7
4.2	Cenário internacional.....	8
5	Análise consubstanciada das alterações propostas para a revisão da Resolução CONAMA 430/2011..	12
5.1	Considerações acerca das condições e padrões propostas para o lançamento de efluente sanitário	12
5.1.1	Adoção da população total dos municípios como referência para a definição dos requisitos de qualidade do efluente tratado	12
5.1.2	Padrão de lançamento dos parâmetros nitrogênio amoniacal e fósforo.....	13
5.1.3	Considerações acerca da capacidade suporte do corpo receptor.....	14
5.1.4	Adoção de carbono orgânico total como parâmetro alternativo à demanda bioquímica de oxigênio17	
5.2	Condições propostas para lançamento de esgotos sanitários por meio de emissários submarinos	17
5.3	Condições propostas para efluentes de sistemas de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas	18
5.4	Necessidade de flexibilização de padrões de lançamento e de enquadramento sob condições excepcionais e em caráter temporário.....	18
6	Considerações acerca das necessidades de adaptação das ETEs existentes visando o atendimento aos padrões de lançamento e de enquadramento para nitrogênio e fósforo	19
6.1	Considerações acerca da influência da capacidade de diluição dos corpos receptores sobre o atendimento aos padrões de enquadramento (análise para fósforo, N-amoniacal e nitrato).....	19
6.2	Considerações acerca das necessidades de adaptação das ETEs, face às limitações das tecnologias usualmente utilizadas no Brasil.....	19
7	Considerações acerca da concorrência por recursos financeiros para atendimento simultâneo às metas de universalização e <i>retrofitting</i> das ETEs existentes.....	21
8	Síntese da Nota Técnica.....	23
9	Considerações finais	26
10	Referências	27
	Anexo I – Equipe técnica	29
	Anexo II – Anotações de Responsabilidade Técnica (ART)	Erro! Indicador não definido.

1 Apresentação

Contratante

Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento - AESBE

Gestor do contrato: Cynthia Malaghini

CNPJ: 26.990.358/0001-00

Contratada

Centro de Referência em Estações Sustentáveis de Tratamento de Esgoto Ltda. – CR ETES

Endereço: Avenida do Contorno, 4023 – Sala 604, São Lucas, Belo Horizonte – MG, CEP 30.240-270

CNPJ: 44.153.495/0001-64

Responsabilidade técnica – elaboração

Carlos Augusto Lemos Chernicharo

Engenheiro Civil e Sanitarista, doutor em engenharia ambiental, professor titular aposentado do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da UFMG. CREA MG 78.937D. ART n° MG20255433350

Lariza dos Santos Azevedo

Engenheira Ambiental e Sanitarista, doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos – CREA MG 349986. ART n° MG20254329002

Thiago Bressani Ribeiro

Engenheiro Ambiental, doutor em Engenharia de Bioprocessos, e Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos – CREA MG 163720D. ART n° MG20254329668

A equipe técnica envolvida neste projeto está indicada no Anexo I.

Responsabilidade técnica – revisão e validação

Cynthia Malaghini

Coordenação da Câmara Técnica de Controle de Qualidade - AESBE

Camila Roncato

Coordenação da Câmara Técnica de Gestão Ambiental e Mudança de Clima -AESBE

Pedro Luís Franco

Câmara Técnica Gestão Ambiental e Mudança de Clima - AESBE

Gustavo Possetti

Câmara Técnica de Inovação - AESBE

2 Introdução

O presente documento, doravante designado como **Nota Técnica**, visa trazer subsídios técnicos a fim de contribuir para a proposta de alteração da Resolução n.º 430, de 13 de maio de 2011, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005.

A **Nota Técnica** em questão é estruturada em 5 seções principais, seguidas de um apontamento sumarizado com a síntese do conteúdo abordado e considerações finais. O escopo do presente documento é listado a seguir:

- I. **Panorama das tecnologias de tratamento de esgoto empregadas nos municípios brasileiros com população acima de 500 mil habitantes:** contextualização sobre os sistemas de esgotamento sanitário sujeitos à maior restrição de qualidade na proposta de revisão da Resolução CONAMA n.º 430/2011.
- II. **Análise dos padrões de lançamento vigentes nos estados da federação e em outros países,** a fim de subsidiar a discussão acerca de limites ora propostos na revisão da Resolução CONAMA n.º 430/2011 e parâmetros considerados.
- III. **Análise consubstanciada das alterações propostas para a revisão da Resolução CONAMA n.º 430/2011,** abordando considerações acerca das condições e padrões para o lançamento de efluente sanitário, com ênfase na proposta de adoção da população dos municípios como referência para a definição dos requisitos de qualidade do efluente tratado e requisito de atendimento ao padrão de enquadramento à luz da capacidade suporte do corpo receptor. Este item contempla um estudo de caso considerando a capacidade suporte do corpo receptor para as estações de tratamento de esgoto (ETEs) dos municípios com população superior a 500 mil habitantes no estado de Minas Gerais.
- IV. **Intervenções necessárias para adequação das Estações de tratamento de esgoto (ETEs) existentes** com vistas ao atendimento aos padrões de lançamento e de enquadramento propostos para os parâmetros nitrogênio e fósforo.
- V. **Considerações acerca da concorrência por recursos financeiros** para atendimento simultâneo às metas de universalização e à adequação das ETEs existentes para atendimento aos padrões estabelecidos na proposta de revisão da Resolução CONAMA n.º 430/2011.
- VI. **Síntese da Nota Técnica:** resumo dos principais aspectos de interesse endereçados no documento.
- VII. **Considerações finais:** propostas de encaminhamentos associados às questões discutidas.

3 Panorama das tecnologias de tratamento de esgoto empregadas nos municípios brasileiros com população superior a 500 mil habitantes

Primeiramente, cabe reconhecer a carência de banco de dados atualizado com informações abrangentes e consistentes sobre ETEs no Brasil, lacuna que limita uma análise contundente em âmbito nacional.

O Atlas Esgotos da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), lançado em 2017 com dados de 2013 e, posteriormente, atualizado com dados de 2019, é a principal base de dados nacional com informações sobre ETEs (ANA, 2017; ANA, 2019). Apesar de sua relevância, os dados mais recentes estão defasados em mais de 5 anos, o que pode trazer incertezas sobre a fidelidade das informações em relação à realidade atual (p.ex.: ETEs que passaram por *retrofitting* com ampliação de capacidade e/ou alteração de processo, implantação de novas estações, dentre outros). Ademais, a vazão das ETEs (dado relevante para a discussão subsequente) está disponível apenas no conjunto de dados de 2013, sendo que, além da defasagem temporal ainda maior, estes dados não estão prontamente aptos para integração com as informações mais recentes (de 2019). Esclarecidas as limitações, conduziu-se a análise sobre o panorama das ETEs a partir dos dados do Atlas Esgoto.

O Brasil possui 48 municípios com população residente acima de 500 mil habitantes, situados em 23 das 27 Unidades Federativas (IBGE, 2025). A partir dos dados disponíveis no Atlas Esgotos (ANA, 2019), referentes ao levantamento de ETEs realizado em 2019, verificou-se que o parque de tratamento de esgoto dos referidos municípios¹ totaliza 559 unidades, as quais se encontram em condições diversas² (p. ex.: inativadas ou em operação). Das 559 ETEs identificadas, 554 unidades, caracterizadas como ativas ou em construção/ampliação, foram selecionadas para compor o panorama de tecnologias empregadas. A distribuição do quantitativo de ETEs em municípios com mais de 500 mil habitantes é apresentada na Figura 3.1.

Nota-se que a adoção de uma “linha de corte” de municípios com população superior a 500 mil habitantes não implica na seleção de ETEs com características semelhantes. A análise da Figura 3.1 permite observar que:

- Apenas 14 municípios concentram 78% do quantitativo das ETEs (430 unidades) – 10 ou mais estações em cada município.
- Os demais 32 municípios concentram 22% do total das ETEs (124 unidades).

Essa condição aponta para a existência de realidades distintas nos sistemas de tratamento de esgoto dos municípios com mais de 500 mil habitantes, verificando-se para o primeiro grupo citado a existência de vários sistemas independentes e, possivelmente, de menor porte, especialmente quando comparados ao segundo grupo, que possui um número reduzido de sistemas, por vezes integrado em mais de um município.

¹ O cômputo dos 47 municípios considera que Osasco (SP) possui ETE, uma vez que parte do esgoto gerado no município é encaminhado e tratado na ETE Barueri (localizada em cidade homônima). Além disso, Ananindeua (PA) é o único município com população acima de 500 mil habitantes sem registro de ETE implantada.

²Situação das ETEs: ativa (547 unidades), em construção/ampliação (7 unidades), inativa/abandonada/desativada (4 unidades), problemas operacionais (1 unidade).

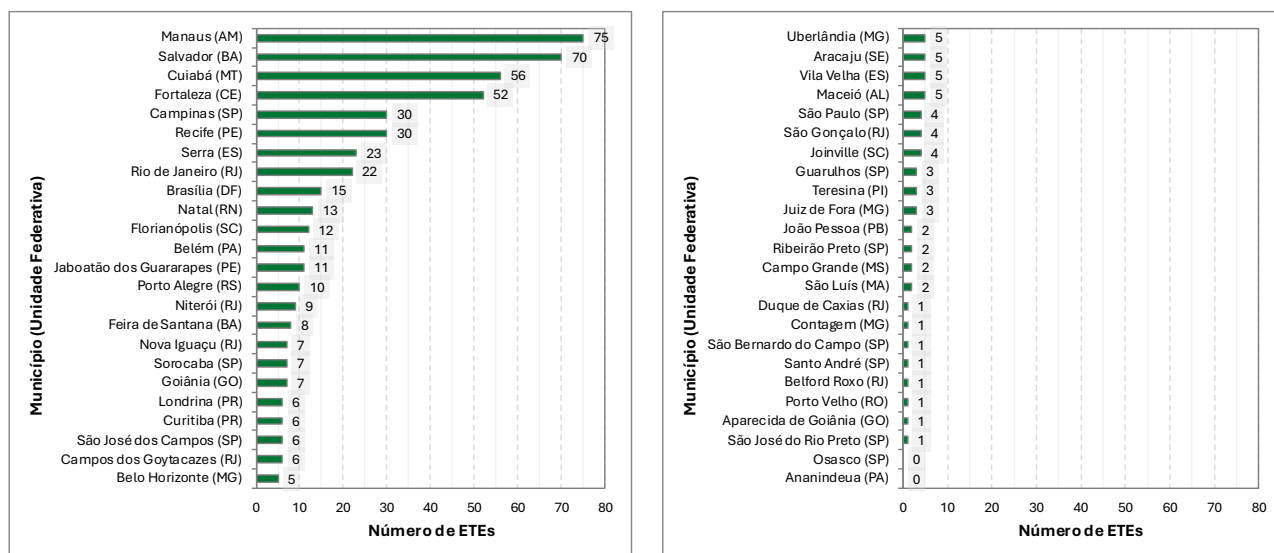


Figura 3.1. Número de ETEs nos municípios com mais de 500 mil habitantes³.

Ao analisar a vazão das ETEs destes municípios (dado disponível apenas no levantamento de 2013 do Atlas Esgotos), é possível notar os seguintes aspectos:

- 90% da vazão total gerada pelas 547 ETEs⁴ existentes nestes municípios é gerada por apenas 66 estações (equivalente a 12% do total de ETEs); as 481 ETEs restantes, com vazões reportadas de até 165 L/s (equivalente populacional estimado de 90.000 pessoas⁵), são responsáveis por apenas 10% da vazão total.
- 99% da vazão total corresponde à contribuição de 219 ETEs (40% do total de ETEs); ou seja, 328 ETEs, com vazão reportada de até 7L/s (equivalente populacional estimado de 3.800 pessoas⁵), contribuem com apenas 1% do total da vazão gerada pelo grupo de 547 ETEs avaliadas.

Essa análise complementar reforça a disparidade do porte de ETEs ao se considerar como parâmetro de seleção de ETEs a população do município. Tal critério coloca sob a mesma regra ETEs com vazão superior a 9.000 L/s e outras com vazão de até 0,1 L/s. Essa diferenciação de porte também reflete no fluxograma de tratamento, uma vez que, nas ETEs de pequeno porte, prevalecem os sistemas simplificados, como reatores anaeróbios seguidos ou não de pós-tratamento – sistemas possivelmente não dimensionados com o intuito de remoção de N-amoniaco, tampouco fósforo total.

Os arranjos tecnológicos adotados nas 554 ETEs de interesse seguem indicados na Figura 3.2.

³ Considerou-se a ETE Barueri no cômputo do município de São Paulo – maior município que contribui para a estação, apesar de se situar no município de Barueri. Ademais, a ETE Arrudas encontra-se no cômputo do município de Belo Horizonte – maior município que contribui para a estação, apesar de se situar no município de Sabará.

⁴ No levantamento do Atlas Esgotos de 2013 foram identificadas 547 ETEs nos municípios selecionados, ao passo que na atualização de 2019 esse número aumentou para 554 ETEs. Para a análise em termo de vazão das ETEs foram utilizados os dados de 2013 do Atlas Esgoto, visto que esses dados não estão disponíveis no conjunto de dados de 2019.

⁵ Para estimativa do equivalente populacional, considerou-se contribuição *per capita* de esgoto igual a 160 L/hab.dia.

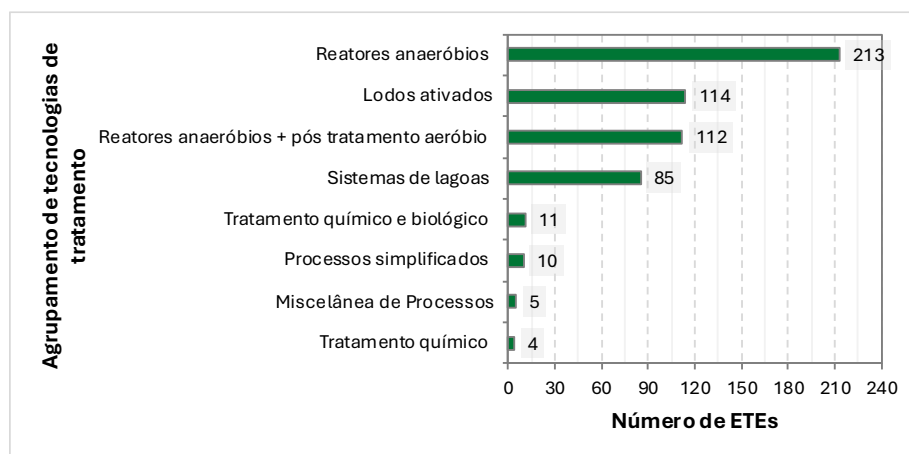


Figura 3.2. Número de ETEs por agrupamento da tecnologia de tratamento de esgoto empregada.

A análise da Figura 3.2 permite observar que:

- Há um predomínio de sistemas estritamente anaeróbios, representado pelo grupo “Reatores anaeróbios”, com 213 unidades (38% do total). Dessas, 107 estações (19% do total) possuem fluxogramas baseados em fossa séptica seguida ou não de pós-tratamento – fluxogramas tipicamente adotados em ETEs de pequeno porte.
- Os sistemas com aptidão para remoção de N-amoniaco (pós-tratamento de efluentes anaeróbios; lodos ativados e lagoas) congregam 311 unidades (56% do total). Não obstante, implicam necessidade de alterações potencialmente expressivas, posto que provavelmente foram dimensionados apenas para a remoção de matéria orgânica, para além do fato de não estarem aptos à remoção consistente de fósforo total (ver item 6).
- 14 ETEs são desprovidas de etapa de tratamento biológico de esgoto⁶, consistindo em 10 ETEs inseridas na categoria “Processos simplificados” (peneiramento, gradeamento e decantação primária) e 4 ETEs na categoria “Tratamento químico” (tratamento primário quimicamente assistido).

4 Análise consubstanciada dos padrões de lançamento de nitrogênio amoniacal e de fósforo vigentes nas Unidades da Federativas do Brasil e em outros países

4.1 Cenário nacional

Dentre as 27 Unidades Federativas, verifica-se que 19 possuem normativas próprias que abordam padrões de lançamento de efluentes, das quais apenas 6 tratam sobre nitrogênio amoniacal e fósforo, sendo observada relativa congruência entre os limites estabelecidos. Dessas 6, todas abordam limites de lançamento de nitrogênio amoniacal, ao passo que apenas 4 abordam padrão para fósforo total. Na Tabela 4.1 é apresentado o compilado das normativas em contexto nacional que abordam padrões de lançamento para os parâmetros de interesse, além dos limites de lançamento definidos.

O limite máximo de nitrogênio amoniacal nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul é de 20 mg/L, independente do porte da ETE. O estado de Santa Catarina, apesar de possuir limite similar estabelecido, definiu padrões e prazos escalonados para vigência dos padrões de lançamento de nitrogênio

⁶ Aferiu-se que 11 das 14 ETEs sem etapa biológica de tratamento de esgoto realizam lançamento por emissário. A destinação do lançamento do efluente das 3 demais ETEs não foi reportada na base de dados utilizada.

amoniacoal. Atualmente, o limite de 20 mg/L encontra-se em vigor para ETEs com vazão superior a 50L/s. A partir de 2031, o limite abarcará ETEs com vazão superior a 8,5 L/s, ao passo que as ETEs com vazão superior a 50 L/s passarão a ter como requisito um limite mais restritivo, de 15mg/L. Cumpre destacar os limites mais restritivos exigidos para nitrogênio amoniacoal no município de Vitória (Espírito Santo) e no estado da Paraíba, de 5 mg/L e 10 mg/L, nesta ordem, sendo o limite do estado aplicável apenas para lançamentos realizados em trechos de corpos d'água contribuintes de lagos, lagoas e represas.

Os limites máximos de fósforo são iguais ou inferiores a 4 mg/L – podendo variar conforme a vazão afluente à ETE, como no caso do exigido para o Rio Grande do Sul; ou das características do trecho onde ocorre o lançamento do efluente tratado, conforme estabelecido nas legislações dos estados da Paraíba e de Santa Catarina. Salienta-se que a normativa vigente no estado de Santa Catarina também permite, alternativamente ao atendimento do limite de concentração, a obtenção de eficiência mínima de 75% na remoção de fósforo, desde que não se altere as características dos corpos d'água previstas em lei.

Tabela 4.1. Compilado de normativas em contexto nacional que contemplam padrões de lançamento para nitrogênio amoniacoal e/ou fósforo.

Estado	Normativa	Padrão de lançamento	
		Nitrogênio amoniacoal (mg/L)	Fósforo (mg/L)
Espírito Santo (Vitória)	Resolução COMDEMA n.º 02/1991	5	NA
Minas Gerais	Deliberação Normativa Conjunta COPAM-CERH/MG n.º 8/2022	20	NA
Paraíba	Deliberação Estadual n.º 006/1988	10 ^a	1 ^a
Rio de Janeiro	Resolução CONEMA n.º 90/2021	20 10 ^b	4 1 ^b
Rio Grande do Sul	Resolução CONSEMA n.º 355/2017	20	4 (Q < 1.000 m³/d) 3 (1.000 m³/d ≤ Q < 2.000 m³/d) 2 (2.000 m³/d ≤ Q < 10.000 m³/d) 1 (Q ≥ 10.000 m³/d)
Santa Catarina	Resolução CONSEMA n.º 182/2021	De 2023 a 2030: 20 (Q > 50 L/s) A partir de 2031: 20 (8,5 L/s ≤ Q < 50 L/s) 15 (Q > 50 L/s)	4 ^d

Notas: NA: Não se Aplica. ^a Limites exclusivos para lançamento em trechos de corpos d'água contribuintes de lagos, lagoas e represas; ^b Lançamento em corpos lânticos; ^c O órgão ambiental competente poderá exigir padrões para os parâmetros fósforo e nitrogênio amoniacoal em corpos receptores com registro de floração de cianobactérias, em trechos onde ocorra a captação para abastecimento público ^d Limite específico para lançamentos em trechos de lagoas, lagunas e estuários, sendo permitido alternativamente ao atendimento do limite de concentração a obtenção de eficiência mínima de 75% na remoção de fósforo, desde que não se altere as características dos corpos de água previstas em lei;

4.2 Cenário internacional

A partir de um levantamento das principais normativas internacionais que abordam padrões de lançamento de efluentes, foi possível identificar normas que abrangem a União Europeia, Alemanha, Dinamarca, Reino Unido, Suécia, Suíça e países signatários da Convenção de Proteção Ambiental do Mar Báltico (*Helsinki Commission – HELCOM*)⁷ de forma unificada. Nota-se que, diferentemente do observado em contexto nacional para a maioria das legislações estaduais, as normativas internacionais usualmente consideram o

⁷ Especificamente: Dinamarca, Estônia, Finlândia, Alemanha, Letônia, Lituânia, Polónia, Rússia e Suécia.

equivalente populacional das estações como referência para classificação e definição de limites de lançamento específicos por categoria definida. Destaca-se, a Portaria de Águas Residuais Alemã, a qual utiliza a carga orgânica afluente à ETE como referencial para segregação das classes e limites de lançamento. A consolidação das normativas em contexto internacional com padrões de lançamento para os parâmetros de interesse e respectivos limites de lançamento definidos são apresentados na Tabela 4.2.

Em relação ao parâmetro nitrogênio amoniacal, verifica-se que apenas a Alemanha e a Suíça definem limites de lançamento, de 10 mg/L e 2 mg/L, respectivamente. Cabe destacar que tal limite só é exigido na Alemanha para ETEs com população equivalente superior a 5.000 habitantes, e na Suíça só há exigência de atendimento ao padrão em áreas sensíveis⁸. No contexto mundial, é mais usual o estabelecimento de limites máximos para nitrogênio total, conforme observado nas normativas da União Europeia, Alemanha, Dinamarca, Reino Unido, Suécia, e países signatários HELCOM (Comissão de Proteção do Meio Marinho do Mar Báltico), com limites máximos entre 8 mg/L e 35 mg/L em função das classes de equivalente populacional definidas ou das características do corpo receptor (padrões estabelecidos exclusivamente para áreas sensíveis para a União Europeia e Reino Unido).

O estabelecimento de limites de lançamento de fósforo considera os equivalentes populacionais ou mesmo restrições locais. A Diretriz 91/271/EEC da União Europeia e a normativa do Reino Unido estabelecem limites apenas para áreas sensíveis e, alternativamente, permitem eficiências mínimas de remoção. Já as normativas estabelecidas para os países signatários HELCOM e Suécia são aplicáveis independente das características do ponto de lançamento, permitindo eficiências mínimas de remoção alternativamente aos padrões preconizados. Além disso, nas normativas da Alemanha e Dinamarca, não há distinção locacional ou alternativa ao atendimento da concentração definida. O limite de lançamento estabelecido na Alemanha, Reino Unido, Suécia e União Europeia para ETEs com equivalente populacional entre 10 e 100 mil habitantes é de 2,0 mg/L. Por outro lado, a normativa dinamarquesa estabelece limite de lançamento de 1,5 mg/L de fósforo para ETEs com equivalente populacional entre 2 e 100 mil habitantes. Além disso, todos os cinco estabelecem limite de lançamento de 1,0 mg/L de fósforo para ETEs com equivalente populacional superior a 100 mil habitantes. Os países signatários HELCOM se diferenciam dos demais citados, com limites mais restritivos, de 2 mg/L de fósforo para equivalentes populacionais até 2 mil habitantes, 1,0 mg/L até 10 mil e 0,5 mg/L para equivalentes populacionais superiores a 10 mil habitantes.

⁸ Além da obrigatoriedade do atendimento à Diretriz 91/271/EEC, os estados membros da União Europeia possuem prerrogativa para classificação dos corpos d'água como áreas sensíveis, permitindo assim o estabelecimento de critérios complementares para o controle da poluição hídrica.

Tabela 4.2. Padrões de lançamento estabelecidos nitrogênio amoniacal e/ou fósforo em legislações internacionais.

País/Região	Equivalente populacional da ETE (hab.)	Normativa	Padrão de lançamento		
			N amoniacal (mg/L)	N total (mg/L)	Fósforo (mg/L)
União Europeia ^a	Entre 10.000 e 100.000	Diretriz 91/271/EEC	NA	15,0	2,0 ^b
	Superior a 100.000		NA	10,0	1,0 ^c
Alemanha	Inferior a 1.000	Portaria de Águas Residuais (Abwasserverordnung – AbwV Anexo 1)	NA	NA	NA
	Inferior a 60 kgDBO/d		NA	NA	NA
	Entre 1.000 e 5.000		NA	NA	NA
	Entre 60 e 300 kgDBO/d		NA	NA	NA
	Entre 5.000 e 10.000		10,0	10,0	NA
	Entre 300 e 600 kgDBO/d		10,0	10,0	2,0
	Entre 10.000 e 100.000		10,0	10,0	1,0
Dinamarca	Entre 2.000 e 5.000	BEK n.º 46 de 12/01/2016	NA	NA	1,5
	Entre 5.000 e 100.000		NA	8,0	1,5
	Superior a 100.000		NA	8,0	1,0
Reino Unido ^a	Superior a 2.000	Estações de tratamento de águas residuais: monitoramento do tratamento e limites de conformidade (Wastewater treatment works: treatment monitoring and compliance limits)	NA	NA	NA
	Entre 10.000 e 100.000		NA	15,0 ^c	2,0 ^b
	Superior a 100.000		NA	10,0 ^c	1,0 ^b
Signatários HELCOM	Entre 300 e 2.000	Recomendação HELCOM 28E/5	NA	35,0 ^d	2,0 ^e
	Entre 2.000 e 10.000		NA	NA ^f	1,0 ^b
	Entre 10.000 e 100.000		NA	15,0 ^c	0,5 ^g
	Superior a 100.000		NA	10,0 ^c	0,5 ^g
Suécia	Entre 10.000 e 100.000	Regulamento da Agência Sueca de Proteção Ambiental (Naturvårdsverkets författningssamling)	NA	15 ^e	2,0 ^b
	Superior a 100.000		NA	10 ^e	1,0 ^b
Suíça	Inferior a 10.000	Portaria de Proteção da Água (Gewässerschutzverordnung - GSchV)	2,0 ^a	NA	NA
	Superior a 10.000		2,0 ^a	NA	0,8 ^a

Notas: NA: Não se Aplica. a) Válido apenas para áreas sensíveis; b) Ou eficiência de remoção mínima de 80%; c) Ou eficiência de remoção entre 70 e 80%; d) Ou eficiência de remoção mínima de 30%; e) Ou eficiência de remoção mínima de 70%; f) Apenas atendimento a uma eficiência de remoção mínima de 30%; g) Ou eficiência de remoção mínima de 90%.

A análise dos padrões de lançamento de nitrogênio amoniacal e fósforo vigentes no cenário nacional (vide Tabela 4.1) e internacional (vide Tabela 4.2) permite tecer os seguintes comentários:

- O limite estabelecido nas legislações estaduais⁹ para nitrogênio amoniacal e fósforo varia de 15 a 20 mg/L e de 1 a 4 mg/L, respectivamente, à exceção de casos nos quais há lançamento em áreas sensíveis.
- Diferentemente do contexto nacional, onde fração nitrogenada regulada é usualmente restrita ao nitrogênio amoniacal, as legislações internacionais contemplam em sua maioria limites para o parâmetro nitrogênio total. No geral, os valores máximos estabelecidos para tal parâmetro variam de 8 a 15 mg/L.
- No que diz respeito a fósforo total, quando aplicável, os valores máximos das normas internacionais variam de 0,5 e 2 mg/L, sendo permitidos que esses valores sejam ultrapassados desde que comprovada a eficiência mínima requerida.
- Todas as normativas internacionais verificadas estabelecem o padrão de lançamento em função do equivalente populacional e/ou carga orgânica afluente à ETE. De modo geral, foram observados padrões menos restritivos ou ausência de limites máximos para equivalentes populacionais inferiores a 10.000 habitantes.

⁹ Os referidos limites não contemplam o padrão estabelecido na legislação do município de Vitória (ES), de 5 mg/L.

5 Análise consubstanciada das alterações propostas para a revisão da Resolução CONAMA 430/2011

Neste item são endereçadas alterações propostas na revisão da Resolução CONAMA n.º 430/2011 passíveis de serem modificadas considerando os subsídios técnicos apresentados. O principal objetivo da análise consubstanciada das referidas alterações é contextualizar as definições da legislação em relação à realidade brasileira, notadamente diante dos desafios existentes no setor de saneamento, especialmente para as regiões Norte e Nordeste.

5.1 Considerações acerca das condições e padrões propostas para o lançamento de efluente sanitário

5.1.1 *Adoção da população total dos municípios como referência para a definição dos requisitos de qualidade do efluente tratado*

A proposta de revisão da Resolução CONAMA n.º 430/2011 define que a população total dos municípios passa a ser utilizada como referência para diferenciação dos limites de concentração e condições exigidas, fixando a faixa da população dos municípios como referência: municípios com população superior ou inferior a 500 mil habitantes. Nota-se que tal classificação, da forma como encontra-se atualmente redigida na proposta, resulta em limitações face as diferentes realidades e situações observadas no contexto nacional. A fim de elucidar possíveis situações controversas, exemplos de casos emblemáticos mapeados e aspectos de interesse são descritos na sequência:

- ETE Barueri: localizada em município homônimo do estado de São Paulo, com população em torno de 333 mil habitantes (IBGE, 2025), não estaria sujeita a atender aos padrões mais restritivos de lançamento ora propostos para ETEs em municípios com mais de 500 mil habitantes. A ETE Barueri atende a um equivalente populacional da ordem de 7,7 milhões de pessoas, tratando esgotos de grande parte de São Paulo capital e sua região de entorno¹⁰. A limitação identificada para a redação proposta na revisão da Resolução CONAMA n.º 430/2011 implicaria que a ETE Barueri, maior estação de tratamento de esgoto da América Latina, teria um padrão de lançamento de efluente menos restritivo do que o requisito estabelecido para a ETE São Luis (Campinas/SP), cuja capacidade instalada é de 5 L/s (equivalente populacional de 3 mil habitantes), mas está inserida em um município com população superior a 500 mil habitantes.
- ETE Arrudas: embora a unidade de tratamento preliminar se encontre localizada no município de Belo Horizonte (MG), a ETE está majoritariamente inserida no município de Sabará (MG), município com menos de 500 mil habitantes. Tal situação poderia resultar em uma eventual subjetividade na definição do padrão de lançamento a ser exigido. Nesse cenário, uma situação semelhante à anterior se repetiria. Se considerada localizada em Sabará, a ETE Arrudas, cuja capacidade instalada é de 3.375 L/s (equivalente populacional superior a 2 milhões de habitantes), deveria atender a um padrão de lançamento menos restritivo que, por exemplo, o estabelecido para a ETE Minas Solidária (Belo Horizonte/MG), a qual possui capacidade instalada de 1,1 L/s (equivalente populacional inferior a mil habitantes), mas está situada em um município com mais de 500 mil habitantes. Novamente, exemplos contraditórios em termos de porte do município e capacidade instalada nas ETEs.

¹⁰ Segundo reportado no Atlas Esgotos (ANA, 2019), a ETE Barueri trata os esgotos de Barueri (SP), Carapicuíba (SP), Cotia (SP), Embu das Artes (SP), Itapeverica da Serra (SP), Itapevi (SP), Jandira (SP), Osasco (SP), Santana de Parnaíba (SP), São Paulo (SP) e Taboão da Serra (SP).

- ETEs de pequeno porte situadas nas regiões Norte e Nordeste: os municípios Fortaleza (CE), Manaus (AM), Recife (PE) e Salvador (BA) possuem população superior a 500 mil habitantes, estando, portanto, sujeitas aos padrões mais restritivos de lançamento previstos na proposta de revisão da Resolução CONAMA n.º 430/2011. Todavia, tais municípios possuem 30 ou mais ETEs, das quais no mínimo 40% são baseadas em fluxogramas de tratamento estritamente anaeróbios (reator anaeróbio ou tanque séptico, seguido ou não de filtro anaeróbio), com a maioria das estações com vazões de operação igual ou inferior a 2 L/s¹¹. Cumpre destacar a limitação intrínseca às alternativas de tratamento biológico exclusivamente anaeróbias no que diz respeito à remoção de nitrogênio amoniacal e fósforo, demandando intervenções substanciais nas referidas ETEs (eventualmente, até mesmo no sistema de esgotamento sanitário), conforme endereçado no item 6.3.

À luz dos elementos apresentados, entende-se como imperativa a necessidade de alteração da proposta de revisão da Resolução CONAMA n.º 430/2011, a qual deveria considerar o porte da ETE (em termos de vazão ou equivalente populacional), ou carga poluidora para estabelecimento de requisitos de qualidade do efluente tratado, ao invés de se balizar na população do município onde está localizada.

5.1.2 Padrão de lançamento dos parâmetros nitrogênio amoniacal e fósforo

No que se refere às legislações estaduais, conforme abordado no item 4, observa-se o estabelecimento do limite máximo de 20 mg/L de nitrogênio amoniacal nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Em relação aos padrões de fósforo, os limites estabelecidos são iguais ou inferiores a 4 mg/L, a depender da vazão afluyente à ETE) ou das características do trecho onde ocorre o lançamento do efluente tratado (como adotado no Rio Grande do Sul e na Paraíba, por exemplo). A proposta de revisão da Resolução CONAMA n.º 430/2011 prevê o limite máximo de 20 mg/L para nitrogênio amoniacal e 4 mg/L para fósforo para estações de tratamento de esgoto sanitário de municípios com população igual ou superior a 500 mil habitantes. A proposta preconiza que os limites poderão ser ultrapassados caso a eficiência de remoção mínima de 80% seja alcançada para ambos os parâmetros.

Apesar da importância da adoção de restrições de forma progressiva e temporal dos padrões de lançamento de efluentes, uma Resolução de âmbito federal deve ser compatível com a realidade territorial e viabilidade técnica e econômica-financeira de todo o país, inclusive com as metas de universalização do saneamento, que concretamente é um ganho ambiental a ser conquistado. Embora os valores ora propostos se mostrem compatíveis com os padrões de lançamento estabelecidos para os cinco estados e o município que possuem limites para nitrogênio amoniacal e fósforo (vide Tabela 4.1), as realidades territoriais das referidas localidades não refletem as particularidades dos demais estados. Destaca-se que um diploma de âmbito federal deve ser uma linha de base factível para todo o país. Assim, cada estado, considerando as suas peculiaridades, pode estabelecer parâmetros mais restritivos.

Por fim, além da problemática associada à imposição de limites mais restritivos em função da população do município ao invés do porte da ETE (endereçada no item 5.1.1), há que se levar em conta o paradoxo associado à possível flexibilização do limite máximo estabelecido em função de uma eficiência mínima de remoção que, inevitavelmente, violaria o padrão de qualidade no corpo receptor, salvo exceções nas quais

¹¹ Não foi possível atestar a capacidade instalada de todas as ETEs. Todavia, acordo com o levantamento da primeira versão do Atlas Esgotos (2017) a maioria das estações com os fluxogramas citados operava com vazão igual ou inferior a 2 L/s.

seja possível lançar mão de uma elevada razão de diluição do efluente tratado, tal como abordado no item 5.1.3).

Nesse contexto, são realizadas as considerações a seguir:

- Embora os padrões de lançamento propostos para os parâmetros nitrogênio amoniacal (20 mg/L) e fósforo (4 mg/L) estejam de acordo com os valores preconizados em legislações estaduais, é importante destacar que as particularidades dos demais estados devem ser contempladas na Resolução de âmbito federal.
- Reitera-se a necessidade de rever a classificação da ETE em função do porte (vazão ou equivalente populacional) ou carga poluidora.
- Assim como praticado em outros estados, a exemplo do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, o nível de restrição para os parâmetros nitrogênio amoniacal (15 a 20 mg/L) e fósforo (1 a 4 mg/L) poderiam estar atrelados à vazão afluente à ETE ou carga poluidora. Nesse sentido, padrões de fósforo igual ou inferiores a 4 mg/L poderiam ser propostos para ETEs com equivalente populacional superior a 500.000 habitantes, por exemplo.
- A inclusão de novos parâmetros nos padrões de lançamento deveria prever o prazo necessário para a adequação das ETEs, notadamente para parâmetros que demandam uma intervenção substancial da estação em termos de processo (p. ex.: nitrogênio amoniacal) (ver item 6). Nesse sentido, propõe-se que seja avaliada a possibilidade de estabelecer prazos diferenciados em função do porte/carga poluidora da ETE e do escalonamento do limite máximo de lançamento.

5.1.3 Considerações acerca da capacidade suporte do corpo receptor

Os padrões de qualidade de corpos d'água definidos em função das classes de enquadramento e usos preponderantes da água em conjunto com os padrões de lançamento de efluentes figuram como ferramentas para a prevenção da poluição nas coleções hídricas. No entanto, observa-se uma incompatibilidade entre tais instrumentos, visto que o cumprimento dos critérios preconizados nos padrões de lançamento não necessariamente assegura o atendimento aos padrões de enquadramento dos corpos receptores e, de acordo com o Artigo 5º da proposta de revisão da Resolução CONAMA n.º 430/2011, os efluentes não podem conferir ao corpo receptor características de qualidade em desacordo com o seu enquadramento. Sendo assim, independentemente do padrão de lançamento vigente, etapas adicionais de tratamento podem ser necessárias a fim de atender padrões sobremaneira restritivos (p. ex.: fósforo) em locais onde a capacidade suporte do corpo receptor não for suficiente.

Para fins de comparação, as diretrizes internacionais consideram padrões de lançamento com maior nível de restrição em casos cujo lançamento ocorre em áreas sensíveis à eutrofização. A União Europeia e o Reino Unido, por exemplo, definem padrões de lançamento de fósforo para áreas sensíveis em função do porte da ETE, com valor máximo permitido de 1 mg/L para ETEs com equivalente populacional superior a 100.000 habitantes. Dentre as legislações internacionais avaliadas, a mais restritiva em termos de concentração limite de fósforo foi a dos países signatários HELCOM, com concentração máxima de fósforo de 0,5 mg/L para ETE com equivalente populacional superior a 10.000 habitantes. Nesse contexto, mesmo as legislações internacionais mais restritivas consideram valores de 5 a 10 vezes àqueles previstos nos padrões de enquadramento para cursos d'água classes 1 e 2 estabelecidos na Resolução CONAMA n.º 357/2005.

Diante do requisito de atendimento ao padrão de enquadramento vigente ou mediante à necessidade de realização de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às condições de enquadramento do corpo receptor, entende-se que os critérios para elaboração e análise dos resultados do

estudo de autodepuração precisam ser aclarados. Tal entendimento baseia-se na possível ocorrência de concentrações à montante do ponto de lançamento superiores às concentrações preconizadas nas classes dos corpos receptores em várias localidades, ainda que informações acerca das concentrações nos corpos receptores não estejam prontamente disponíveis. Em adição à ausência de informações, ressalta-se que as concentrações de fósforo nos corpos receptores são altamente influenciadas pelos usos e ocupação do solo na bacia, incluindo a poluição difusa advinda de uso de fertilizantes em atividades agrícolas. Assim, as concentrações de *background* tendem a ser bem mais elevadas que as estabelecidas nos padrões de enquadramento, mesmo em áreas com pouca contribuição difusa de nutrientes. Em decorrência, é bastante provável que mesmo padrões de lançamento restritivos (da ordem de 1 mg/L de fósforo) não sejam suficientes para garantir o atendimento aos padrões de enquadramento no corpo receptor (0,1 mg/L – lançamento em ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários para classes 1 e 2), à exceção de lançamentos em corpos d'água limpos (com baixas concentrações à montante) e com elevadas capacidades de diluição (superior a 10 vezes).

Embora a proposta de revisão contemple a possibilidade de se lançar mão da capacidade de diluição do corpo receptor e realizar estudos de autodepuração que assegurem que o padrão de enquadramento não é violado, desafios atrelados à capacidade insuficiente de diluição devem ser considerados. Ainda que sejam considerados os padrões de lançamento ora propostos para os parâmetros nitrogênio amoniacal (20 mg/L) e fósforo total (4 mg/L), seria necessária uma capacidade suporte do curso d'água com razões de diluição da ordem de 5 a 40 vezes para nitrogênio amoniacal e fósforo total (ambiente lótico), respectivamente, com objetivo de atender aos padrões estabelecidos para cursos d'água classes 1 e 2 (3,7 mg/L e 0,1 mg/L para nitrogênio amoniacal e fósforo, respectivamente). Dessa forma, faz-se necessária uma discussão ampla sobre a aderência e viabilidade de atendimento dos padrões de enquadramento face à realidade brasileira, considerando, ainda, as concentrações de fósforo presentes nos cursos d'água advindas de poluição difusa e outras contribuições além das ETEs.

Nesse contexto, a fim de elucidar o impacto associado à necessidade de atendimento ao padrão de enquadramento dos corpos receptores, estudo de casos realizado a partir dos dados do estado de Minas Gerais é apresentado a seguir. A escolha pelo referido estado baseou-se na disponibilidade de dados.

Estudo de caso: capacidade suporte do corpo receptor para as ETEs dos municípios com mais de 500 mil habitantes no estado de Minas Gerais

A fim de se avaliar a capacidade suporte do corpo receptor para as ETEs dos municípios com mais de 500 mil habitantes no estado de Minas Gerais, no contexto do atendimento ao padrão de enquadramento nos cursos d'água após o lançamento de efluentes tratados – notadamente para o parâmetro nitrogênio amoniacal e nitrato, realizou-se uma análise geoespacializada da capacidade de diluição dos cursos hídricos no entorno das ETEs. Para tanto, foram consideradas as capacidades nominais das estações e a vazão de referência – Q_{7,10}, dos cursos d'água do estado. As informações das ETEs foram obtidas a partir da ANA (2019) e dados cedidos pelas Concessionárias responsáveis pelos sistemas de esgotamento sanitário dos municípios avaliados, ao passo que as informações sobre os cursos d'água foram obtidas via base georreferenciada (*shapefile*) de disponibilidade hídrica superficial disponibilizada pelo IGAM (2012).

De forma sintética, o estudo foi realizado a partir da verificação da capacidade de diluição de cursos d'água inseridos na circunvizinhança das ETEs, a partir de uma distância predefinida, considerando a premissa de um fator de diluição desejado, como se detalha a seguir: i) no que tange à definição da distância, considerou-se como base a adoção de um raio de 500 metros – utilizando-se a localização da ETE como centro da circunferência. Desta maneira, pode-se assumir, com boa segurança, que são contemplados a maioria dos

curso d'água efetivamente utilizados para o lançamento dos efluentes tratados; ii) quanto ao fator de diluição (ou razão de diluição) adotado, considerou-se uma referência homogênea de 4 vezes. Em outras palavras, significa que a vazão do corpo d'água é 4 vezes superior à vazão efluente da ETE. Este valor decorre da relação entre as concentrações máximas para nitrogênio amoniacal em cursos d'água de classe 2 e 3 estabelecidos pela Resolução CONAMA n.º 357/2005 (3,7 mg/L e 13,3 mg/L para pH ≤ 7,5, respectivamente) e o limite de lançamento proposto (20 mg/L) para ETEs em municípios com mais de 500 mil habitantes, em que se obtêm a necessidade de fatores de diluição entre 1,5 e 5,4 a fim de não transgredir o enquadramento em classe. Obviamente, quanto menor a concentração efluente de nitrogênio amoniacal, menor a necessidade de se valer de uma elevada razão de diluição no corpo receptor. Reitera-se, todavia, que para fins de uniformidade metodológica, adotou-se uma razão de diluição de 4 vezes.

O estudo da capacidade suporte do corpo receptor para as 14 ETEs¹² situadas nos municípios com população superior a 500 mil habitantes no estado de Minas Gerais é apresentado na Figura 5.1. É possível notar que apenas 5 ETEs (36% do total) possuem cursos d'água com capacidade de diluição inseridos no raio de 500 metros, das quais 4 têm capacidade de tratamento inferior a 100 L/s. Por outro lado, dentre as 9 ETEs (64% do total) que não possuem cursos d'água com capacidade de diluição inseridos no raio de 500 metros, 3 têm capacidade de tratamento superior a 500 L/s.

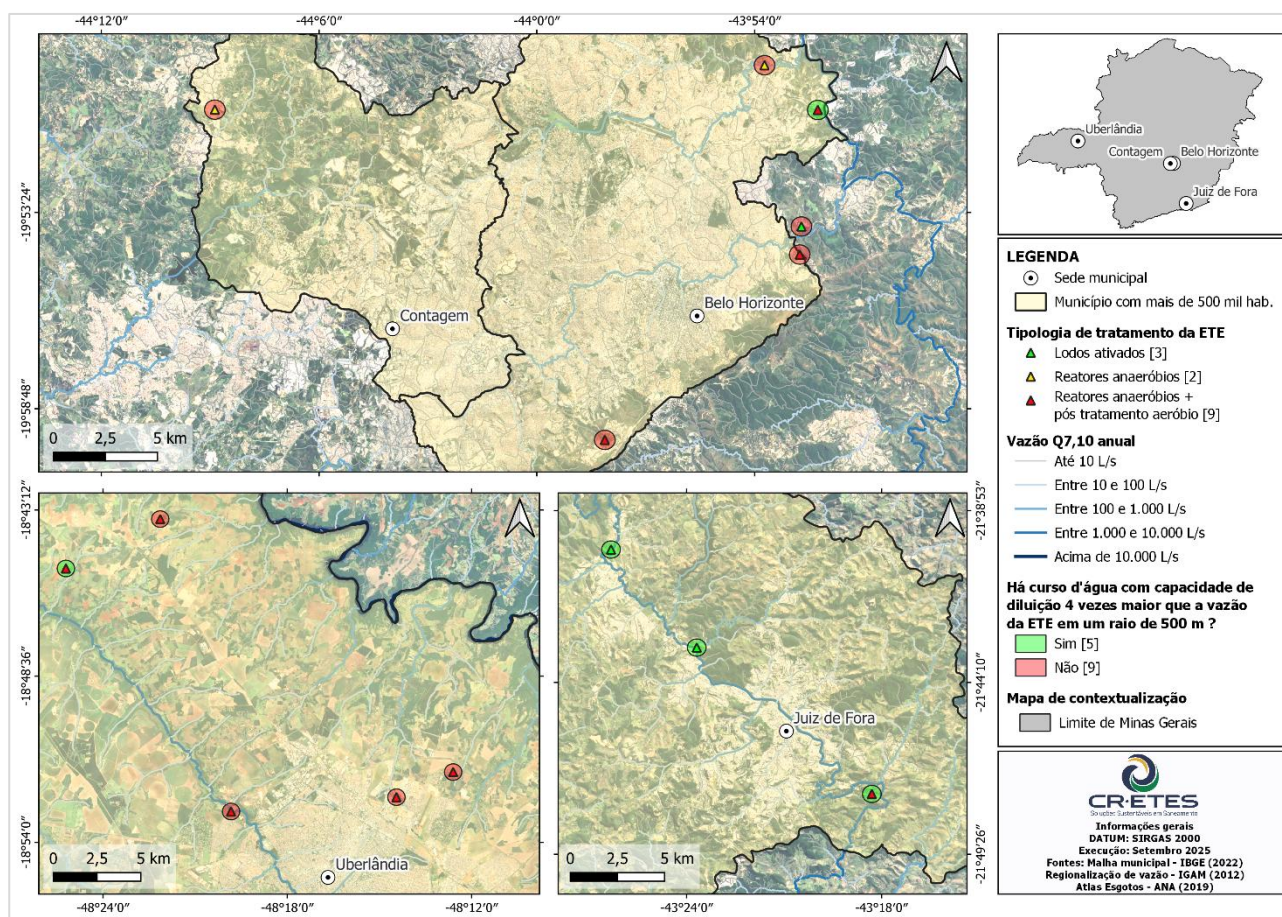


Figura 5.1. Mapa de capacidade suporte do corpo receptor para as ETEs dos municípios com mais 500 mil habitantes de Minas Gerais.

¹² Considerou-se a ETE Arrudas como pertencente ao município de Belo Horizonte – maior município que contribui para a estação, apesar de se situar em Sabará (município com menos de 500 mil habitantes).

A partir dos dados levantados, observa-se a tendência de ausência de capacidade de diluição na coleção hídrica de entorno das ETEs, em especial para as estações de maior porte. Diante dessa constatação, verifica-se que o atendimento ao enquadramento para esses casos está atrelado ao alcance de concentrações de nitrogênio amoniacal inferiores ao limite de lançamento proposto, mesmo desprezando concentrações de nitrogênio à montante do lançamento – fato que poderia resultar em situações ainda mais restritivas que as apresentadas.

5.1.4 *Adoção de carbono orgânico total como parâmetro alternativo à demanda bioquímica de oxigênio*

Dentre as condições de lançamento de efluentes, verifica-se a possibilidade de utilizar-se o parâmetro Carbono Orgânico Total (COT) em alternativa à utilização de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Nota-se que essa é uma abordagem inovadora em contexto nacional, uma vez que 15 dos 26 estados têm normativas que estabelecem limites de lançamento para DBO, 6 para Demanda Química de Oxigênio (DQO), mas nenhuma das legislações em nível estadual contempla o COT. Face ao caráter pioneiro da proposta e a abrangência nacional da Resolução, há que se avaliar de forma criteriosa tal inserção, cabendo as seguintes ressalvas:

- Proporção dos limites estabelecidos: o carbono orgânico total quantifica o carbono orgânico, sem distinção entre a fração biodegradável e não biodegradável. Todavia, a relação entre tais frações irá variar em função da característica do esgoto e da eficiência do processo de tratamento de esgoto, visto que à medida que a matéria orgânica biodegradável for assimilada nos processos biológicos, a fração de matéria inerte irá sobressair resultando em maiores relações COT/DBO. De acordo com Metcalf & Eddy (2016), a relação COT/DBO, varia entre 1,3 e 2,0¹³ para o efluente tratado em sistemas de lodos ativados convencional. Sendo assim, para uma concentração de DBO de 60 mg/L se obtêm uma concentração de COT equivalente de 80 a 120 mg/L, superior aos 50 mg/L correspondentes da proposta de revisão.
- Desafios na quantificação de COT: a determinação de COT não é uma prática usual nas ETEs brasileiras. Sendo assim, a realização de tal análise demandaria uma adequação na infraestrutura em grande parte das estações existentes. Adicionalmente, a quantificação de COT possui dificuldades metodológicas/analíticas, técnicas e operacionais quando aplicada para a caracterização da matéria orgânica no esgoto, como: interferência com compostos presentes no esgoto (p. ex.: óleos, gorduras, sólidos suspensos etc.), custo elevado de equipamentos especializados com frequente calibração e manutenção preventiva, especialmente considerando a realidade de ETEs de menor porte, digestão prévia da amostra, entre outros.
- Entende-se que a DQO poderia ser adotada como alternativa ao COT, visto que já é um parâmetro contemplado em diversas legislações estaduais e uma análise usualmente realizada em ETEs no Brasil. Ademais, é um parâmetro amplamente reportado na literatura especializada, assim como a DBO, sendo de mais amplo domínio dos técnicos de diversas áreas.

5.2 **Condições propostas para lançamento de esgotos sanitários por meio de emissários submarinos**

Diferentemente do observado para o lançamento de esgoto sanitário tratado no corpo receptor, a proposta de revisão da resolução prevê que caso o lançamento ocorra via emissário submarino, o monitoramento de

¹³ Considerando a faixa de 20-40 mg/L para COT e 10-30 mg/L para DBO para o efluente do sistema de lodos ativados convencional.

COT deixa de ser uma opção em substituição à DBO e passa a ser um parâmetro de monitoramento obrigatório. A eficiência de remoção proposta é de 20%, podendo atingir uma remoção mínima de 10% em ambientes costeiros com elevada capacidade hidrodinâmica, comprovada por meio de estudos de dispersão do efluente. Conforme abordado no item 5.1.3, entende-se que o monitoramento da matéria orgânica presente no esgoto deve ser realizado a partir da utilização da DBO e/ou DQO, parâmetros mundialmente consolidados como indicadores para esgoto sanitário.

5.3 Condições propostas para efluentes de sistemas de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas

A alteração da Resolução CONAMA n.º 430/2011 contempla condições para efluentes de sistemas de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, propondo a adoção preferencial de soluções baseadas na natureza como sistemas de tratamento e manejo de águas pluviais, tais como bacias de retenção, infiltração, jardins de chuva, trincheiras ou estruturas equivalentes. Em relação a este tópico, são realizados os apontamentos a seguir:

- As exigências propostas são aplicáveis a áreas urbanas com população superior a 100 mil habitantes, o que impõe desafios associados à implantação das soluções listadas como preferenciais devido à elevada área requerida em períodos chuvosos; tipicamente, existem áreas indisponíveis em localidades densamente ocupadas.
- A adoção de padrões para efluentes de sistemas de tratamento de esgotos sanitários para coletores em tempo seco irá imputar às companhias de saneamento a necessidade de tratamento devido à poluição que pode não decorrer exclusivamente do lançamento de esgoto municipal.
- Entende-se que a inclusão da *Seção IV - Das Condições para Efluentes de Sistemas de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas* deve ser precedida de ampla discussão com o meio técnico-científico, tendo em vista a complexidade que essa temática enseja.

5.4 Necessidade de flexibilização de padrões de lançamento e de enquadramento sob condições excepcionais e em caráter temporário

A proposta de revisão da Resolução CONAMA n.º 430/2011 prevê a possibilidade de lançamento de efluentes em desacordo com as condições e padrões estabelecidos, desde que observados diversos requisitos como, por exemplo, atendimento ao enquadramento do corpo receptor. Conforme endereçado no item 5.1.3, o não atendimento ao padrão de lançamento só asseguraria o não desenquadramento em condições nas quais fosse possível lançar mão de uma elevada capacidade suporte do curso d'água, situação não observada para uma fração considerável das ETEs, notadamente aquelas com maior porte. Diante dos padrões de lançamento ora em questão para municípios com população superior a 500.000 mil habitantes e consequentes intervenções necessárias, as seguintes considerações são realizadas:

- A adequação das ETEs existentes e construção de novas unidades irá demandar flexibilidade nos padrões de lançamento durante o período de obras, podendo ser necessário negociar com o órgão ambiental. Por exemplo, uma ETE com fluxograma de tratamento baseado em reator UASB seguido de filtro biológico percolador e que possui somente um filtro, passaria a operar somente com os reatores UASB durante a reforma do filtro (visando sua conversão em filtro nitrificante ou lodos ativados com nitrificação, por exemplo) e com a dosagem de produtos químicos no decantador

secundário de forma a melhorar a qualidade do efluente em termos de matéria orgânica (se comparado à utilização de somente reator UASB).

- A flexibilização dos padrões de lançamento poderia ocorrer fora dos períodos de estiagem, quando as vazões dos corpos receptores são mais elevadas e haveria mais chance de não comprometer os padrões de enquadramento.
- A concessão de maiores prazos para adequação das ETEs deve ser considerada, tendo em vista que os projetos terão que ser cuidadosamente elaborados, dedicando especial atenção ao faseamento das obras, para a paralisação das unidades a serem adaptadas sem comprometer a qualidade do efluente. Tais estudos de faseamento são mais demandantes de tempo (durante a fase de projeto) e impactarão adicionalmente os prazos e os custos das intervenções a serem feitas nas ETEs.

6 Considerações acerca das necessidades de adaptação das ETEs existentes visando o atendimento aos padrões de lançamento e de enquadramento para nitrogênio e fósforo

6.1 Considerações acerca da influência da capacidade de diluição dos corpos receptores sobre o atendimento aos padrões de enquadramento (análise para fósforo, N-amoniaco e nitrato)

Tal como caracterizado no item 5.1.3 deste documento, a definição dos processos a serem adotados nos projetos de adaptação das ETEs é totalmente dependente da capacidade suporte dos corpos receptores, que pode ser simplificada, para fins de agilidade de análise, na razão (ou capacidade) de diluição das coleções hídricas. Nesse sentido, as concentrações de referência de fósforo, amônia e nitrato no corpo receptor imediatamente a montante do ponto de lançamento do efluente da ETE são aspectos centrais para os estudos de autodepuração, e que precisam ser regulados, posto que em muitas situações o corpo hídrico encontra-se desenquadrado a montante do ponto de lançamento do efluente. Nestes casos, ainda que se adote a concentração de referência da classe de enquadramento, pode-se imputar à ETE uma necessidade expressiva de abatimento complementar de carga poluidora.

A depender das concentrações de montante assumidas nos cursos d'água (p. ex.: concentrações próximas às dos padrões de enquadramento), as demandas de adaptação das ETEs tendem a ser bem mais complexas do que as necessárias para simplesmente atender os novos padrões de lançamento para amônia e fósforo, uma vez que poderá haver a necessidade de que os padrões de lançamento passem a ser os próprios padrões de enquadramento do corpo receptor, ou eventualmente ainda mais restritivos. A depender das concentrações assumidas a montante do ponto de lançamento e da capacidade de diluição do corpo receptor, a concentração máxima de amônia admitida para o efluente da ETE deixaria de ser 20 mg/L e passaria a ser: 3,7 mg/L (no caso de corpos de água classe 2) ou 13,3 mg/L (no caso de corpos receptores classe 3). Importante reiterar que esta condição (ausência de capacidade de diluição) é potencialmente esperada nos municípios com população superior a 500 mil habitantes (vide item 5.1.3).

6.2 Considerações acerca das necessidades de adaptação das ETEs, face às limitações das tecnologias usualmente utilizadas no Brasil.

Resgatando-se a avaliação efetuada no item 3 deste documento, reitera-se a diversidade de tecnologias do parque de ETEs existentes no Brasil: foram identificadas 554 ETEs inseridas em municípios com mais de 500 mil habitantes, que possuem uma ampla gama de processos de tratamento (vide Item 3), o que implica em

complexidade sobremaneira expressiva para a definição de tecnologias e adaptação de processos para atendimento a padrões mais restritivos de remoção de nutrientes, especialmente considerando a predominância de sistemas simplificados, dedicados prioritariamente à remoção de matéria orgânica. Nesse esteio, destaca-se a presença significativa de sistemas dotados de tanque séptico e filtro anaeróbio, que precisariam ser integralmente substituídos ou contemplar novas estações a jusante (recebendo o efluente anaeróbio) para o atendimento dos padrões mais restritivos de N-amoniacal. Especialmente quanto à remoção de fósforo, necessariamente, os referidos sistemas demandariam a implantação de unidades físico-químicas, implicando em incremento de produção de lodo e, obviamente, do consumo de produtos químicos.

Um aspecto crucial para a adaptação do parque de ETEs nacional reside na necessidade de realização de estudos de alternativas de processo, com análise de custos globais de capital (CAPEX) e operação (OPEX), ou TOTEX, para subsidiar a escolha da alternativa para cada ETE, respeitando a realidade local (p.ex.: área disponível), as características do esgoto bruto (concentrações de DBO, N-amoniacal e alcalinidade são fatores altamente decisórios notadamente em relação ao OPEX) e as demandas energéticas envolvidas. Além desses fatores, o conhecimento das características quali-quantitativas dos corpos receptores a montante do ponto de lançamento, notadamente em relação às concentrações de N-amoniacal, nitrato e fósforo, e das capacidades de diluição, constituem elementos imprescindíveis para a tomada de decisão final acerca das melhores alternativas a serem escolhidas. Importante acentuar a necessidade de tempo para realização desses estudos de engenharia, especialmente considerando a elaboração de projetos básicos/executivos, e contratação das obras.

Debruçando-se sobre o apontamento da necessidade de tempo para realização de estudos de engenharia, nota-se que as alternativas tecnológicas para ETEs cujos corpos receptores não apresentam capacidade de diluição, devem ser estudadas alternativas que necessariamente possibilitem a nitrificação, a desnitrificação e a remoção de fósforo (via biológica ou físico-química). Tal condição decorre da premissa de não transgressão da classe de enquadramento, para o que, em situações em que não há capacidade suporte do corpo receptor (leia-se, capacidade de diluição), necessariamente tem-se o padrão de enquadramento assumindo a função de padrão de lançamento. Ou seja, essa é uma constatação inequívoca de que deverão ser utilizadas soluções de tratamento bem mais complexas (e de maior TOTEX) que as requeridas para o atendimento apenas aos padrões de lançamento de N-amoniacal e fósforo. Exemplificando, adaptações de ETEs que atualmente possuem fluxogramas mais simplificados (todavia adaptados ao porte e à realidade local – p. ex.: reatores anaeróbios seguidos de filtros biológicos percoladores - FBPs), não estarão aptas a adaptações mais simples, como a manutenção dos reatores anaeróbios e a transformação dos FBPs convencionais em FBPs nitrificantes, seguidos de uma unidade para remoção físico-química de fósforo, uma vez que tal tecnologia não é capaz de promover nem a desnitrificação nem a remoção biológica de fósforo.

7 Considerações acerca da concorrência por recursos financeiros para atendimento simultâneo às metas de universalização e *retrofitting* das ETEs existentes

No que diz respeito aos padrões de lançamento propostos para o lançamento de efluentes de sistemas de tratamento de esgotos sanitários, há que se considerar o impacto das alterações realizadas na complexidade operacional das estações de tratamento de esgoto e custos associados, especialmente tendo em vista a necessidade de atender a padrões de enquadramento sobremaneira restritivos. À luz das propostas contempladas na revisão da referida Resolução, são realizados os comentários a seguir:

- A definição dos padrões de qualidade de água usualmente não leva em conta a razoabilidade de atendimento de acordo com metas temporais, graduais e progressivas, que venham a ser estabelecidas a partir de um plano de investimentos, e que sejam racionalmente exequíveis sob as perspectivas técnica, econômica e financeira. Observa-se que a exequibilidade técnica inclui a adaptação tecnológica dos ativos eventualmente existentes, que por sua vez é dependente de adequada prospecção, cotejamento e seleção com base em critérios que garantam ampla sustentabilidade ao longo de sua vida útil. Da mesma forma, investimentos realizados de forma escalonada são mais viáveis sob a perspectiva econômica e, principalmente, financeira.
- Em função de futura revisão dos padrões de qualidade de água, investimentos realizados em tecnologia e na implantação de ativos poderão estar sujeitos à subutilização ou até mesmo ao não aproveitamento, a exemplo dos desafios atrelados ao aproveitamento de tecnologias de baixa complexidade operacional passíveis de serem adotadas para a nitrificação (requisito de abatimento de matéria orgânica a montante) e que iriam impor uma dificuldade no arranjo tecnológico caso a remoção de nitrato passe a ser requerida (requisito de carbono orgânico para conversão de nitrato a nitrogênio gasoso).
- O estabelecimento de padrões de qualidade de água cujo atendimento e cumprimento sejam de difícil aplicabilidade, ou mesmo inviáveis ou não factíveis, pode repercutir contrariamente, contribuindo para o descrédito e a frustração da sociedade com a dinâmica, mecanismos e atores envolvidos na formulação e na execução de políticas públicas.
- É fundamental considerar a sobreposição de tempo de ações com potencial interface, tais como o *retrofitting* das ETEs para atendimento minimamente aos padrões de nitrogênio amoniacal e fósforo (desconsiderando a problemática associada aos padrões de enquadramento) e a universalização dos serviços de saneamento básico atrelada à Lei 14.026/2020, com ampliação do acesso à coleta e tratamento de esgoto até 2033. A condução de tais ações em um mesmo período implica, necessariamente, na concorrência por recursos financeiros, humanos (p. ex.: capacidade limitada de prestadores de serviço para operacionalizar as mudanças estruturais requeridas), físicos e organizacionais.
- Nas regiões Norte e Nordeste, os desafios são significativos devido ao baixo índice de atendimento com cobertura de coleta de esgoto, de 22,8 e 33,8%, respectivamente (SINISA, 2023). Nessas regiões, há importantes desafios a serem superados a fim de alcançar a universalização dos serviços de saneamento básico. Assim, há que se considerar o impacto das intervenções associadas ao *retrofitting* de ETEs, especialmente caso o porte do município seja de fato considerado para restrição da qualidade do efluente tratado. Tais desafios tendem a ser ainda maiores em municípios com mais de 500.000 habitantes e ETEs de pequeno porte, o que acarretará investimentos consideráveis para

adequação de um elevado número de estações (30 ou mais ETEs no caso de algumas capitais das regiões Norte e Nordeste).

8 Síntese da Nota Técnica

Esta Nota Técnica abordou as principais alterações propostas na revisão da Resolução CONAMA n.º 430/2011, contemplando o levantamento de dados disponíveis acerca das ETEs existentes e legislações estaduais e internacionais, a fim de subsidiar a discussão da relevância e impactos do que está sendo proposto à luz da realidade nacional. A síntese dos principais pontos endereçados é apresentada na sequência:

- Panorama das tecnologias de tratamento no Brasil nos municípios brasileiros com população superior a 500 mil habitantes:
 - 90% da vazão total gerada pelas ETEs existentes nestes municípios é gerada por cerca de 12% do quantitativo de ETEs (66 de 547 ETEs).
 - 99% da vazão total corresponde à contribuição de 40% do total de ETEs. Ou seja, 60% do total de ETEs contribui com apenas 1% do total da vazão tratada pelo grupo de ETEs avaliadas.
 - Há um predomínio de sistemas estritamente anaeróbios nas ETEs em questão (38% do total), sendo que 19 % do total de ETEs avaliadas empregam fluxogramas baseados em fossa séptica seguida ou não de pós-tratamento – arranjos tipicamente adotados em ETEs de pequeno porte.
 - Os sistemas com aptidão para remoção de N-amoniaco representam 56% do total de ETEs. Todavia, intervenções substanciais são esperadas posto que, provavelmente, foram dimensionados apenas para remoção de matéria orgânica, para além do fato de não estarem aptos à remoção consistente de fósforo total.
- Análise dos padrões de lançamento de nitrogênio amoniacal e de fósforo nos estados brasileiros e em outros países
 - Panorama nacional: o limite estabelecido nas legislações estaduais para nitrogênio amoniacal e fósforo varia de 15 a 20 mg/L e de 1 a 4 mg/L, respectivamente, à exceção de casos nos quais há lançamento em áreas sensíveis.
 - Panorama internacional: as legislações internacionais contemplam, em sua maioria, limites para o parâmetro nitrogênio total, com valores usualmente na faixa de 8 a 15 mg/L. Em relação ao fósforo total, os valores máximos das normas internacionais avaliadas variam de 0,5 e 2 mg/L, sendo estabelecidas eficiências mínimas alternativamente aos padrões de lançamento. Cabe destacar a ausência de menção a padrões de enquadramento para normativas internacionais, sendo os padrões de lançamento os únicos limites exigidos mesmo em condições de lançamento em áreas sensíveis.
 - As normativas internacionais verificadas estabelecem o padrão de lançamento em função do equivalente populacional e/ou carga orgânica afluente à ETE. De modo geral, foram observados padrões menos restritivos ou ausência de limites máximos para equivalentes populacionais inferiores a 10.000 habitantes.
- Análise das propostas para a revisão da Resolução CONAMA n.º 430/2011
 - Adoção da população total dos municípios como referência para a definição dos requisitos de qualidade do efluente tratado: a proposta de revisão da Resolução define que a população total dos municípios passa a ser utilizada como referência para diferenciação dos limites de

concentração e condições exigidas, fixando o corte de municípios com população superior a 500 mil habitantes como referência. Tal proposta vai na contramão do observado em legislações estaduais (Rio Grande do Sul e Santa Catarina) e internacionalmente (todas as legislações discutidas neste documento), nas quais o equivalente populacional ou carga orgânica afluente à ETE são adotados para o estabelecimento de faixas distintas de padrões de lançamento. A sugestão de seguir com o porte do município ao invés da ETE se mostra um contrassenso a partir da avaliação da vazão afluente às ETEs e fluxograma de tratamento empregado. Como exemplo, foi apresentado o caso da maior ETE da América Latina, ETE Barueri, que embora atenda a um equivalente populacional superior a 7 milhões de pessoas, se localiza em um município com população em torno de 300 mil habitantes ficando, portanto, fora da faixa mais restritiva de padrões de lançamentos propostos na revisão da Resolução.

- Padrão de lançamento dos parâmetros nitrogênio amoniacal e fósforo: embora os padrões de lançamento propostos para os parâmetros nitrogênio amoniacal (20 mg/L) e fósforo (4 mg/L) estejam de acordo com os valores preconizados em legislações estaduais, é importante destacar que as particularidades dos demais estados devem ser contempladas na Resolução de âmbito federal. Adicionalmente, deve-se levar em conta o prazo necessário para a adequação das ETEs, notadamente para parâmetros que demandam intervenções substanciais em termos de processo, como o nitrogênio amoniacal. Por fim, é prevista a dispensa de atendimento ao limite máximo preconizado a partir de uma eficiência mínima de remoção que, muito possivelmente, implicaria na violação do padrão de qualidade do corpo receptor. Assim, a previsão de tal flexibilidade se mostra incoerente.
- Considerações acerca da capacidade suporte do corpo receptor: a proposta de revisão da Resolução prevê que o padrão de lançamento não pode conferir ao curso d'água características em desacordo com o seu enquadramento. Assim, independentemente do padrão de lançamento, etapas adicionais de tratamento podem ser necessárias a depender da possibilidade de se lançar mão da capacidade suporte do corpo receptor e efetivas concentrações presentes no curso d'água. Ao se analisar as ETEs localizadas em municípios com população superior a 500.000 mil habitantes para o estado de Minas Gerais, observou-se a tendência de ausência de capacidade de diluição no curso d'água de entorno das ETEs, em especial para as de maior porte. Das 14 ETEs identificadas para estado de Minas Gerais, 9 não possuem capacidade de diluição suficiente, sendo 3 ETEs com vazão superior a 500 L/s. Assim, o atendimento ao padrão de enquadramento para esses casos implica no requisito de qualidade do efluente tratado mais restritivo que o padrão de lançamento.
- Adoção de carbono orgânico total como parâmetro alternativo à demanda bioquímica de oxigênio: a adoção de COT como indicador de matéria orgânica impõe desafios analíticos, técnicos e operacionais quando aplicada para a caracterização do esgoto. Em adição às dificuldades atreladas ao método de quantificação de COT, ressalta-se a demanda associada à adequação na infraestrutura das ETEs (eventualmente, até mesmo em laboratórios externos), uma vez que tal parâmetro não é utilizado como controle de desempenho na rotina operacional. Assim, entende-se que, caso a proposta de revisão da Resolução opte por seguir com a inserção de um indicador de matéria orgânica em adição à DBO, deve-se

substituir o COT por DQO, parâmetro contemplado em 15 legislações estaduais e de amplo domínio dos técnicos de diversas áreas.

- Necessidade de flexibilização de padrões de lançamento e de enquadramento sob condições excepcionais e em caráter temporário: a possibilidade de lançamento de efluentes em desacordo com as condições e padrões de lançamento é considerada na proposta de revisão da Resolução, no entanto, sem ferir o padrão de enquadramento. Uma vez que a violação do padrão de lançamento por si só resultaria na transgressão do padrão de enquadramento (salvas exceções de elevadas razões de diluição no curso d'água) e que adequações nas ETEs existentes irão demandar a paralisação de unidades em período de obras, é fundamental a previsão de medidas de flexibilização de padrões de lançamento e de enquadramento. Como sugestões, pode-se citar: adoção de medidas paliativas a fim de minimizar o impacto da paralisação de unidades em períodos de obra (p. ex.: dosagem de produtos químicos no decantador secundário para redução da matéria orgânica efluente); flexibilização de padrões de lançamento e de enquadramento em períodos de maior capacidade de diluição (p. ex. períodos de chuva); concessão de prazos factíveis para adequação das ETEs, preferencialmente considerando metas progressivas de qualidade do efluente em um horizonte temporal definido.
- Considerações acerca das necessidades de adaptação das ETEs existentes visando o atendimento aos padrões de lançamento e de enquadramento para nitrogênio e fósforo: a depender das concentrações assumidas à montante do ponto de lançamento das ETEs e razão de diluição no corpo receptor, as demandas de adaptação das ETEs tendem a ser bem mais complexas do que as necessárias para atender exclusivamente aos padrões de lançamento para nitrogênio amoniacal e fósforo, devido à possibilidade dos padrões de lançamento passarem a ser os próprios padrões de enquadramento do corpo receptor ou ainda mais restritivos. Assim, a ausência de capacidade de diluição resultará na necessidade de adoção de sistemas de tratamento bem mais complexos (e de maior TOTEX) que as requeridas para o atendimento apenas aos padrões de lançamento de nitrogênio amoniacal e fósforo.
- Considerações acerca da concorrência por recursos financeiros para atendimento simultâneo às metas de universalização e *retrofitting* das ETEs existentes
 - O estabelecimento de padrões de qualidade de água deve considerar o atendimento de acordo com metas temporais, graduais e progressivas, levando em conta um plano de investimentos a fim de permitir as adequações necessárias. Tal planejamento é fundamental para evitar que adequações realizadas sejam subutilizadas ou não aproveitadas em caso de revisão dos padrões de lançamento.
 - A sobreposição de tempo de ações associadas ao *retrofitting* de ETEs e à universalização do acesso à coleta e tratamento de esgoto implica na concorrência por recursos financeiros humanos, físicos e organizacionais. A implementação de padrões mais restritivos com início de vigência imediato pode afetar ações relevantes em andamento e a serem comissionadas com vistas à expansão dos serviços de esgotamento sanitário, especialmente em regiões historicamente deficitárias, como o Norte e Nordeste do país.

9 Considerações finais

Tendo em vista as alterações previstas na proposta de revisão da Resolução CONAMA n.º 430/2011, notadamente para ETEs localizadas em municípios com população superior a 500 mil habitantes, pode-se afirmar que as intervenções necessárias para a adaptação das ETEs existentes no contexto nacional demandarão tempo e planejamento adequados. Tal fato está atrelado à necessidade de realização dos estudos de concepção, desenvolvimento dos respectivos projetos de engenharia, processos de licenciamento ambiental complementares (intervenção em área de preservação permanente, supressão de vegetação etc.), execução de obras civis e instalações, bem como o comissionamento e estabilidade operacional dos processos para remoção de N-amoniaco. Nesse esteio, há que se caracterizar os impactos tecnológicos, econômicos e financeiros necessários à adaptação e reformulação das ETEs, os quais decerto influirão no planejamento de médio e longo prazo das concessionárias.

Face ao exposto, sugere-se que a proposta de revisão da Resolução considere os encaminhamentos a seguir:

- i) Estabelecimento de padrões de lançamento diferenciados, considerando os portes das ETEs e as capacidades de assimilação e diluição dos corpos receptores locais.
- ii) Sugere-se que seja avaliada a adoção da DQO como alternativa ao COT, visto que é um parâmetro amplamente reportado na literatura especializada, assim como a DBO, sendo de mais amplo domínio dos técnicos de diversas áreas.
- iii) Definição de prazos diferenciados em função do porte/carga poluidora da ETE e do escalonamento do limite máximo de lançamento, considerando a previsão de mecanismos para assegurar a flexibilidade operacional durante períodos de obras para adequação das unidades.
- iv) Verificar se as concentrações de fósforo acima dos padrões de enquadramento efetivamente comprometem os usos da água a jusante dos pontos de lançamento das ETEs – caso não comprometam, avaliar a necessidade de dispensa do atendimento aos padrões de enquadramento, sendo mantido apenas o padrão de lançamento. Nesse caso, deve-se avaliar a necessidade de realização de estudos ambientais nas bacias hidrográficas, a fim de levantar as cargas poluidoras pontuais e difusas, além dos usos da água;
- v) Avaliar a pertinência de estabelecer padrões de lançamento alinhados às classes de enquadramento e usos previstos, considerando limites máximos restritivos em situações nas quais o lançamento ocorra em áreas sensíveis ou com especificidades passíveis de serem apontadas pelo órgão ambiental.

10 Referências

ALEMANHA. Regulamento sobre os requisitos para o lançamento de águas residuais em corpos de água (Abwasserverordnung – AbwV). Portaria de 17 de junho de 2004 (BGBl. I S. 1108), alterado pela última vez pelo Artigo 2 do regulamento de 31 de março de 2023 (BGBl. I Nr. 88). Berlim: Ministério do Meio Ambiente, Proteção da Natureza, Segurança Nuclear e Defesa do Consumidor, 2023. Disponível em: <https://www.gesetze-im-internet.de/abwv/anhang_1.html>. Acesso em: 22 set. 2025.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Atlas Esgotos: despoluição de bacias hidrográficas. Brasília: ANA, 2017. Disponível em: <<https://metadados.ana.gov.br>>. Acesso em 10 set. 2025.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Metadados: Shapefile Estações de tratamento de Esgoto 2019. Disponível em: <<https://metadados.ana.gov.br>>. Acesso em 10 set. 2025.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Malha municipal. Downloads. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?=&t=downloads>>. Acesso em: 10 set. 2025.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativas da População Residente para os Municípios e Unidades da Federação. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=downloads>>. Acesso em: 10 set. 2025.

DINAMARCA. Bekendtgørelse om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4. BEK nr. 46 af 12. januar 2016. Copenhagen: Miljøministeriet, 2016. Disponível em: <<https://www.retsinformation.dk/eli/lt/2016/46>>. Acesso em: 23 set. 2025.

HELCOM – Comissão de Helsinque. Recommendation 28E/5: municipal wastewater treatment. Adopted 15 November 2007. Helsinque: Baltic Marine Environment Protection Commission, 2007. Disponível em: <https://archive.iwlearn.net/helcom.fi/Recommendations/en_GB/rec28E_5/index.html>. Acesso em: 23 set. 2025.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM); Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH). Deliberação Normativa conjunta COPAM-CERH/MG n.º 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. MG. 2022. Disponível em: <<https://www.siam.mg.gov.br>>. Acesso em: 18 set. 2025.

MINAS GERAIS. Instituto Mineiro De Gestão Das Águas (IGAM). Estudo de Regionalização de Vazão para o Aprimoramento do Processo de Outorga no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: IGAM, 2012. 417 p.

METCALF & EDDY, Inc. Tratamento de efluentes e recuperação de recursos. 5th. ed. Porto Alegre. 1980 p. 2016.

PARAÍBA. Conselho de Proteção Ambiental (COPAM). Deliberação n.º 006, de 24 de fevereiro de 1988. Aprova a NT 301 – Critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos e a JN – 302. PB. 1988. Disponível em: <<https://sudema.pb.gov.br>>. Acesso em: 18 set. 2025.

REINO UNIDO. Waste water treatment works: treatment monitoring and compliance limits. Environmental Permitting Guidance – Version 1.0, March 2011. Londres: Department for Environment, Food & Rural Affairs,

2011. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/publications/waste-water-treatment-works-treatment-monitoring-and-compliance-limits>. Acesso em: 22 set. 2025.

RIO DE JANEIRO. Conselho Estadual de Meio Ambiente do Rio de Janeiro (CONEMA). Resolução CONEMA n.º 90, de 08 de fevereiro de 2021. Aprova a NOP-INEA-45, que estabelece critérios e padrões de lançamento de esgoto sanitário. RJ. 2021. Disponível em: <<https://www.inea.rj.gov.br>>. Acesso em: 18 set. 2025.

RIO GRANDE DO SUL. Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA). Resolução CONSEMA n.º 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. RS. 2017. Disponível em: <<https://www.sema.rs.gov.br>>. Acesso em: 18 set. 2025.

SANTA CATARINA. Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA). Resolução CONSEMA n.º 182, de 06 de agosto de 2021. Estabelece as diretrizes para os padrões de lançamento de esgotos sanitários de sistemas públicos de tratamento, operados por ente público ou privado. SC. 2021. Disponível em: <<https://www.semae.sc.gov.br>>. Acesso em: 18 set. 2025.

SUÉCIA. Naturvårdsverkets föreskrifter om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd (NFS 2022:4). Regulamento da Agência Sueca de Proteção Ambiental sobre atividades perigosas ao meio ambiente e proteção da saúde. Estocolmo: Naturvårdsverket, 2022. Disponível em: <<https://www.naturvardsverket.se/4ace20/globalassets/nfs/2016/nfs-2016-6-konsoliderad.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2025.

SUÍÇA. Gewässerschutzverordnung (GSchV) – Portaria de Proteção da Água. Ordinance of 28 October 1998 (SR 814.201). Berna: Conselho Federal Suíço, 1998. Disponível em: <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1998/2863_2863_2863/de>. Acesso em: 23 set. 2025.

UNIÃO EUROPEIA. Diretriz do Conselho relativa ao tratamento de águas residuais urbanas. Directiva 91/271/CEE, de 21 de maio de 1991. Jornal Oficial das Comunidades Europeias, L 135, p. 40–52, 30 maio 1991. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A31991L0271>>. Acesso em: 22 set. 2025.

VITÓRIA (ESPÍRITO SANTO). Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente de Vitória (COMDEMA). Resolução n.º 02, de 1991. Estabelece critérios e padrões para o controle da poluição dos recursos hídricos no município de Vitória. ES. 1991.

Anexo I – Equipe técnica

Profissional	Formação
Carlos Augusto de Lemos Chernicharo	Engenheiro Civil e Sanitarista, Doutor em Engenharia Ambiental, Professor titular aposentado do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da UFMG
Lariza dos Santos Azevedo	Engenheira Ambiental e Sanitarista, Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos
Thiago Bressani Ribeiro	Engenheiro Ambiental, Doutor em Engenharia de Bioprocessos, e Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos
Lucas Almeida Chamhum Silva	Engenheiro Ambiental e Sanitarista, Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Doutorando em Engenharia Ambiental
Lívia Cristina da Silva Lobato	Engenheira Civil, Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos
Lucas Vassalle de Castro	Engenheiro Ambiental, com especialização, mestrado e doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos
Thiago Morandi	Engenheiro Ambiental, com especialização em <i>Data Science</i> e <i>Analytics</i>