

Eficácia de Sistemas de Esgotos com Base em Parâmetros de Monitoramento de 5 Estações de Tratamento de Esgotos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro

Skarlat Reynnely Alves Tepedino¹; Loreine Ribeiro da Silva¹; Julia Araujo Lacerda¹; Marcelo Obraczka¹

✉ skarlat.reynnely@gmail.com

1. Universidade do Estado do Rio de Janeiro- UERJ.

Histórico do Artigo: O autor detém os direitos autorais deste artigo.

Recebido em: 07 de maio de 2026

Aceito em: 12 de agosto de 2026

Publicado em: 31 de agosto de 2026

Resumo: A pesquisa objetiva fazer uma análise expedita da eficácia do modelo atual de saneamento no Rio de Janeiro sob a ótica de parâmetros de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e vazão afluyente às Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs), com base em dados de distintas fontes de informação sobre cinco ETEs situadas na AP5, Zona Oeste do município do RJ. Dependendo da fonte consultada, a pesquisa identifica grandes variações de vazão afluyente e constata ainda concentrações e cargas orgânicas nos esgotos brutos muito inferiores àquelas convencionalmente adotadas como valores teóricos de referência nos projetos e nas etapas de planejamento, controle e monitoramento. Os resultados são analisados conforme a legislação pertinente, notadamente a CONAMA 430/11, a DZ 215 R4 e a CONEMA 90/21, sendo feitas sugestões de aperfeiçoamento do sistema existente, como a necessidade de aferição mais criteriosa dos parâmetros de vazão e de DBO afluentes às ETEs. Sugere-se ainda a avaliação e eventual revisão do atual modelo que privilegia tratar em alto grau uma reduzida parcela dos esgotos que é efetivamente encaminhada a destino adequado, enquanto a maior parte da vazão dos efluentes continua sendo lançada *in natura* em importantes corpos hídricos estaduais, como os rios que drenam para a Baía de Guanabara e Complexo Lagunar de Jacarepaguá, contribuindo para seu estado de grande degradação ambiental. A presente pesquisa apresenta subsídios técnicos e científicos que podem ser utilizados para aumentar a eficácia dos sistemas de saneamento rumo a uma universalização mais rápida de forma a se atingir não somente a melhoria da qualidade da água como uma melhor qualidade de vida da sociedade fluminense.

Palavras-chave: Planejamento e gestão de esgotos; Parâmetros operacionais de saneamento; Eficácia de ETEs; DBO e vazão afluentes; Saneamento no Rio de Janeiro.

Efficacy Of Sewage Systems Based On Monitoring Parameters Of 5 Wastewater Treatment Plants In The Metropolitan Region Of Rio De Janeiro

Abstract: This research aims to conduct an expedited analysis of the efficacy of the current sanitation model in Rio de Janeiro from the perspective of Biochemical Oxygen Demand (BOD) parameters and influent flow rate at Wastewater Treatment Plants (WWTPs), based on data from different information sources concerning five WWTPs located in Planning Area 5 (AP5), in the West Zone of the municipality of Rio de Janeiro. Depending on the source consulted, the study identifies significant variations in influent flow rates and further reveals concentrations and organic loads in raw sewage that are substantially lower than those conventionally adopted as theoretical reference values in design, planning, control, and monitoring phases. The results are analyzed in accordance with the relevant legislation, notably CONAMA Resolution 430/11, DZ 215 R4, and CONEMA Resolution 90/21, followed by recommendations for improving the existing system, such as the need for a more rigorous measurement of influent flow rate and BOD parameters at WWTPs. Furthermore, it suggests the evaluation and possible revision of the current model, which prioritizes advanced treatment for a small fraction of the sewage that is effectively routed to an adequate destination, while the majority of the effluent flow continues to be discharged *in natura* into important state water bodies—such as the rivers draining into Guanabara Bay and the Jacarepaguá Lagoon Complex—thereby contributing to their severe state of environmental degradation. This study provides technical and scientific evidence that can be utilized to enhance the efficacy of sanitation systems toward faster universalization, aiming not only at the improvement of water quality but also at a better quality of life for the population of the state of Rio de Janeiro.

Keywords: Wastewater planning and management; Sanitation operational parameters; WWTP effectiveness; BOD and influent flow; Sanitation in Rio de Janeiro.

Eficacia De Sistemas De Alcantarillado Con Base En Parámetros De Monitoreo De 5 Estaciones De Tratamiento De Aguas Residuales De La Región Metropolitana De Río De Janeiro

Resumen: Esta investigación tiene como objetivo realizar un análisis expedito de la eficacia del modelo actual de saneamiento en Río de Janeiro desde la perspectiva de los parámetros de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y caudal afluente a las Estaciones de Tratamiento de Aguas Residuales (ETAR), con base en datos de distintas fuentes de información sobre cinco ETAR situadas en la Área de Planificación 5 (AP5), en la Zona Oeste del municipio de Río de Janeiro. Dependiendo de la fuente consultada, el estudio identifica grandes variaciones en los caudales afluentes y constata, además, concentraciones y cargas orgánicas en las aguas residuales brutas muy inferiores a aquellas convencionalmente adoptadas como valores teóricos de referencia en los proyectos y en las etapas de planificación, control y monitoreo. Los resultados se analizan de acuerdo con la legislación pertinente, en particular las resoluciones CONAMA 430/II, DZ 215 R4 y CONEMA 90/2I, formulando sugerencias para la mejora del sistema existente, como la necesidad de una medición más rigurosa de los parámetros de caudal y DBO afluentes a las ETAR. Asimismo, se sugiere la evaluación y eventual revisión del modelo actual, el cual prioriza tratar en alto grado una reducida fracción de las aguas residuales que efectivamente se canaliza hacia un destino adecuado, mientras que la mayor parte del caudal de efluentes se continúa vertiendo *in natura* en importantes cuerpos hídricos estatales —como los ríos que drenan hacia la Bahía de Guanabara y el Complejo Lagunar de Jacarepaguá—, contribuyendo a su estado de severa degradación ambiental. Esta investigación aporta elementos técnicos y científicos que pueden ser utilizados para incrementar la eficacia de los sistemas de saneamiento hacia una universalización más rápida, con el fin de alcanzar no solo la mejora de la calidad del agua, sino también una mejor calidad de vida para la población del estado de Río de Janeiro.

Palabras clave: Planificación y gestión de aguas residuales; Parámetros operacionales de saneamiento; Eficacia de

INTRODUÇÃO

De acordo com o Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (2024), 37,7% da população brasileira não tem acesso a um sistema de coleta de esgoto e somente cerca de 51,8% do volume de esgoto coletado no país é encaminhado a um sistema de tratamento (SINISA, 2024). Mesmo nas regiões Sul e Sudeste, onde ocorrem os maiores investimentos em esgotamento sanitário, tais sistemas não apresentam a abrangência e a eficácia prevista (Obraczka e Leal, 2015). No estado do Rio de Janeiro (ERJ), apenas cerca de 54,8% do esgoto coletado é devidamente tratado e o lançamento de esgotos sem tratamento é o maior responsável pela situação precária de seus corpos hídricos.

Quatro municípios pertencentes a RMRJ com população acima de 100 mil habitantes (São João de Meriti, Duque de Caxias, Belford Roxo e São Gonçalo) estão situados entre os 10 piores no Ranking do Saneamento elaborado pelo ITB (2026). Como consequência, os Índices de Qualidade de Água (IQA) da maior parte dos corpos hídricos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) variam basicamente entre as duas piores categorias disponíveis da escala: de Péssimo a Muito Ruim (Obraczka *et al.*, 2021).

A carência de tratamento de esgotos constatada não se justifica necessariamente pela ausência ou incapacidade de ETE's: segundo Bielschowsky (2014), Silva Jr (2019) e Bila *et al.* (2017),

diversas estações de tratamento distribuídas pela RMRJ – incluindo as situadas nos municípios elencados como piores no ranking do ITB – operam bem aquém de sua capacidade total de tratamento, embora sejam comuns os lançamentos de esgotos *in natura* nos corpos hídricos urbanos nessa região.

Ao longo do caminho percorrido pelos efluentes na rede coletora até chegarem às ETE's, várias outras não conformidades podem contribuir para o funcionamento inadequado e redução da eficiência dos sistemas de esgotamento sanitário, podendo destacar-se a não interligação das economias a rede separativa por parte da população abrangida pelo sistema (Obraczka *et al.* 2021). Em muitos casos, os moradores interligam indevidamente as águas de telhados e a drenagem de pátios internos à rede coletora pública (Obraczka e Leal, 2015; ITB/REINFRA, 2015). Segundo Obraczka e Leal (2015), boa parte dos esgotos afluentes às ETEs na RMRJ é proveniente de conexões de águas pluviais ao sistema separador, bem como decorrente de vazão de infiltração do lençol freático na rede coletora.

A eficiência geral do sistema é diretamente afetada por essas “não conformidades e influências externas” que contribuem tanto para a saturação da capacidade de escoamento da rede – gerando extravasamentos – como para formação de um esgoto mais diluído. Além de não receberem boa parte dos esgotos gerados, que são lançados *in natura* nos rios, muitas ETE's tratam basicamente uma “água suja”, que apresenta parâmetros de controle e projeto como a DBO bem inferiores aos valores convencionalmente adotados (TEPEDINO *et al.* 2025).

A presente pesquisa se debruça sobre potenciais implicações dessa defasagem existente entre valores teóricos e práticos constatados, notadamente no que se refere a parâmetros de DBO, vazão e carga orgânica afluentes e sua relação com as exigências da legislação pertinente. Com base nos resultados obtidos, a pesquisa discute alternativas ao modelo de saneamento vigente e sugere possíveis desdobramentos com vistas ao seu aperfeiçoamento visando atingir mais rapidamente a efetiva universalização do saneamento no ERJ.

Considerações sobre a legislação pertinente

No que se refere às demandas da legislação federal competente, as etapas e os processos de tratamento devem atender em especial a Resolução CONAMA 430/II, que estabelece condições e padrões específicos para o lançamento direto de efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários (Brasil, 2011) (Tabela 1).

Tabela 1 – Parâmetros e limites da CONAMA 430/II para DBO de qualquer fonte poluidora e efluentes oriundos de ETE's

Resolução CONAMA nº430/II		
Parâmetro	Limites	Observações
Lançamento de efluentes de qualquer fonte poluidora		
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C)	Remoção mínima 60% de DBO	Sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.
Lançamento de efluentes oriundos de ETEs		
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C)	Máximo de 120 mg/L	Este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor

Fonte: Resolução CONAMA 430/II (Brasil, 2011).

No âmbito estadual, o ERJ utilizou por décadas a DZ-215 R4. De forma distinta, a DZ-215 R4 vinculava a eficiência de remoção e tipologia de tratamento à carga orgânica bruta, recomendando o emprego de sistemas mais complexos (como, por exemplo, o de Lodos Ativados) para cargas superiores a 80 kg DBO/dia(Tabela 2).

Tabela 2 – Concentrações máximas de DBO e Resíduos Não Filtráveis Totais (RNFT) e eficiências de remoção de DBO para efluentes sanitários de acordo com a carga orgânica afluyente

Carga Orgânica Bruta (C) (¹) (kg DBO/dia)	Concentrações máximas em DBO e RNFT (SST)(²) (mg/L)	Eficiência de remoção de DBO requerida (%)	Tipologia de tratamento para atingimento da eficiência requerida
$C \leq 5$	180	30	Fossa séptica
$5 < C \leq 25$	100	65	Fossa séptica+filtro anaeróbico
$25 < C \leq 80$	60	80	UASB+biofiltro aerado
$C > 80$	40	85	Lodos Ativados (LA)

Notas: 1 - Carga orgânica bruta por dia. 2 - Concentrações máximas permitidas de DBO e RNFT (ou Sólidos Suspensos Totais (SST)) no efluente tratado. 3 - Condição válida, considerando-se a possibilidade de infiltração adequada do efluente da fossa séptica no solo ou a existência de rede coletora; caso contrário, deverá ser implantado tratamento complementar através de filtro anaeróbio, ou similar de eficiência equivalente.

Fonte: DZ 215 R-4(FEEMA,2007), BORGES, 2017, SANTOS et al.2014; VON SPERLING 1995; ABES,1999.

Segundo o item 7.18 da referida DZ, o lançamento de efluentes líquidos deve atender ainda aos critérios e padrões estabelecidos pela NT-202, pela Portaria SERLA 567 e pela Resolução CNRH nº 65 (Santos *et al.*, 2014).

Em 2021 foi aprovada a Resolução estadual CONEMA 90/21, adotando a Norma Operacional NOP-INEA-45 que define novos (e mais restritivos) critérios, limites e padrões técnicos de lançamento em corpos hídricos do Estado do Rio de Janeiro (ERJ). A Tabela 3 apresenta os valores máximos de DBO e RNFT (SST) nos efluentes tratados segundo a CONEMA 90/21, comparados com os valores preconizados pela DZ 215 R4.

Tabela 3 – Valores máximos permitidos de DBO e SST para lançamento em corpos hídricos pela CONEMA 90/21, em comparação com a DZ 215.

Resolução CONEMA 90/21		DZ 215 R4
Valores máximos permitidos para DBO em relação a carga orgânica afluyente bruta		
Carga orgânica bruta (kg DBO/dia)	Concentração máxima de DBO no efluente tratado (mgO ₂ /L)	
C<20	120	100(1) - 180 (2)
20<C<60	90	60(3) - 100(1)
60<C<80	60	60
C>80	40	40
Valores máximos permitidos para RNFT(SST) em relação a carga orgânica afluyente bruta		
Carga orgânica bruta (kg DBO/dia)	Concentração máxima de RNFT (SST) no efluente tratado (mg/L)	
C<20	110	100(1) - 180 (2)
20<C<60	80	60(3) - 100(1)
60<C<80	50	60
C>80	40	40

Nota 1: $5 < C \leq 25$ kg DBO/dia; (2) $C \leq 5$ kg DBO/dia; (3) $25 < C \leq 80$ kg DBO/dia

Fonte: Alves *et al.*, 2024 (baseado na CONEMA 90/21; DZ 215 R4).

Um possível entrave da utilização da CONEMA 90/21 como parâmetro de base é o seu maior rigor quanto aos limites máximos para nutrientes (Nitrogênio e Fósforo) com o objetivo de evitar a proliferação excessiva de algas nos corpos d'água. Porém, tais limites podem levar a exigência de tratamento terciário mesmo para pequenas populações contribuintes, potencialmente inviabilizando investimentos em sistemas de esgotamento/tratamento em áreas urbanas de menor densidade de ocupação.

A partir da análise de índices de saneamento referentes a várias ETE's do ERJ e dos resultados obtidos pelo presente trabalho, objetiva-se realizar uma discussão/avaliação da atual conjuntura e contribuir para o aumento do conhecimento quanto a eficiência e a abrangência de sistemas de esgotamento sanitário existentes. Consequentemente, esse estudo visa contribuir para um melhor atendimento e prestação desses serviços na RMRJ e, portanto, no processo de universalização do saneamento preconizado pelo Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) e pelo Novo Marco do Saneamento.

Como objetivos específicos, a presente pesquisa se propõe a: a) Levantar e analisar índices, parâmetros de monitoramento e limites normativos de controle e monitoramento do sistema de esgotamento sanitário (tratamento) existente; b) Identificar potencialidades e fragilidades do sistema a partir do emprego de parâmetros e indicadores avaliados; c) Elaborar sugestões para aperfeiçoamento das etapas de projeto, planejamento e gestão, e monitoramento de sistemas de esgotamento sanitário (tratamento).

METODOLOGIA

Foram levantados e analisados dados de ETE's na RMRJ, dando ênfase aos parâmetros de vazão e DBO afluentes. Como estudo de caso mais específico para a presente pesquisa foram adotadas as 5 ETE's de maior porte na Área de Planejamento 5 (AP5), levantando-se informações sobre os respectivos sistemas de tratamento de efluentes (ETEs), além de seus dados de vazão e DBO. No somatório essas 5 ETE's eram responsáveis pelo tratamento de cerca de 90% dos efluentes da área de concessão da AP5 (Obraczka *et al.*, 2021). Algumas características operacionais básicas dessas estações estão sintetizadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Informações sintetizadas sobre as ETE's adotadas no estudo

ETE	Vazão de Projeto (L/s)	Processo de Tratamento	Status/Observações
Deodoro	750	Lodo Granular Aeróbio (Nereda)	Capacidade Ampliada para cerca de 750 L/s (1)
Pedra de Guaratiba	40	Convencional	Operando Abaixo da Vazão do projeto
Sepetiba	60	Convencional	Vazão afluente próxima a nominal
Vila Kennedy	39	Convencional	Em processo de licenciamento à época dos dados do estudo
Vilar Carioca	13	Lodos ativados por batelada	Único operando por batelada; previsão de desativação

Nota: 1 - A implementação do processo Nereda na ETE de Deodoro foi efetivada para absorver e tratar adequadamente as crescentes vazões afluentes ao sistema (BRK Ambiental, 2020).

Fonte: BRK Ambiental, 2020.

Os dados referentes aos parâmetros de monitoramento das ETE's estudadas (vazão, DBO, carga orgânica) foram levantados a partir de quatro fontes distintas: a) Análises de laboratório independente credenciado no INEA, relativas ao período de 2015 a 2016; b) Declarações de Carga Poluidora (DCP's); c) Relatórios de Avaliação dos Efluentes (RAE's), referentes a esse mesmo período e d) Licenças de Operação (LO's). Essas três últimas fontes (b, c e d) englobam o período de 2013 a 2021. Ainda em processo de licenciamento, a ETE Vila Kennedy era a única dessas cinco ETE's que não dispunha de DCP e RAE.

A disponibilidade dos dados do laboratório é restrita aos biênio 2015/16 e foi adotada por sua importância em se tratar de informações não teóricas, ao contrário das demais utilizadas, provenientes de fontes tipo "chapa branca", ou seja disponibilizadas pela própria concessionária ou pelo órgão ambiental. Vale ainda destacar que as DBO aferidas em períodos mais recentes continuam apresentando valores compatíveis com as do período adotado (Tepedino *et al.* 2025).

Na sequência da pesquisa, os dados foram comparados com limites de parâmetros definidos pela legislação ambiental pertinente. Com essa finalidade foi feito um levantamento expedito da legislação ambiental competente na esfera federal (Resoluções CONAMA 357/05 e CONAMA 430/11) e estadual, no caso do RJ notadamente a Resolução CONEMA 90/21 e a DZ 215 R4. Substituída pela CONEMA 90/21, a DZ 215 permaneceu válida por décadas até recentemente (2021) e também foi considerada já que todas ETEs avaliadas foram projetadas e licenciadas com base nas suas premissas e não nas da CONEMA 90/21.

Foram também pesquisados dados disponíveis na literatura técnica pertinente que são convencionalmente adotados em projetos, gestão e planejamento de sistemas de esgotos (Metcalf e Eddy, 2003; Jordão e Pessoa, 2017; Von Sperling, 1995), além de normas técnicas, com ênfase na NBR 12209/92 ("Projetos de Estações de Tratamento de Esgoto"), e outras publicações técnicas e científicas afins. A partir dos resultados, foi realizada uma análise crítica que forneceu subsídios à proposição de melhorias e aperfeiçoamento na gestão do sistema de saneamento, de uma maneira geral, e quanto ao emprego de parâmetros de monitoramento e indicadores, em particular.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Consultando-se as respectivas LO's das 5 ETE's de maior porte da AP5, não foram constatadas restrições específicas quanto à eficiência e a qualidade dos seus efluentes tratados

além daquelas comumente discriminadas de forma mais genérica na maioria das LO's de sistemas de tratamento afins.

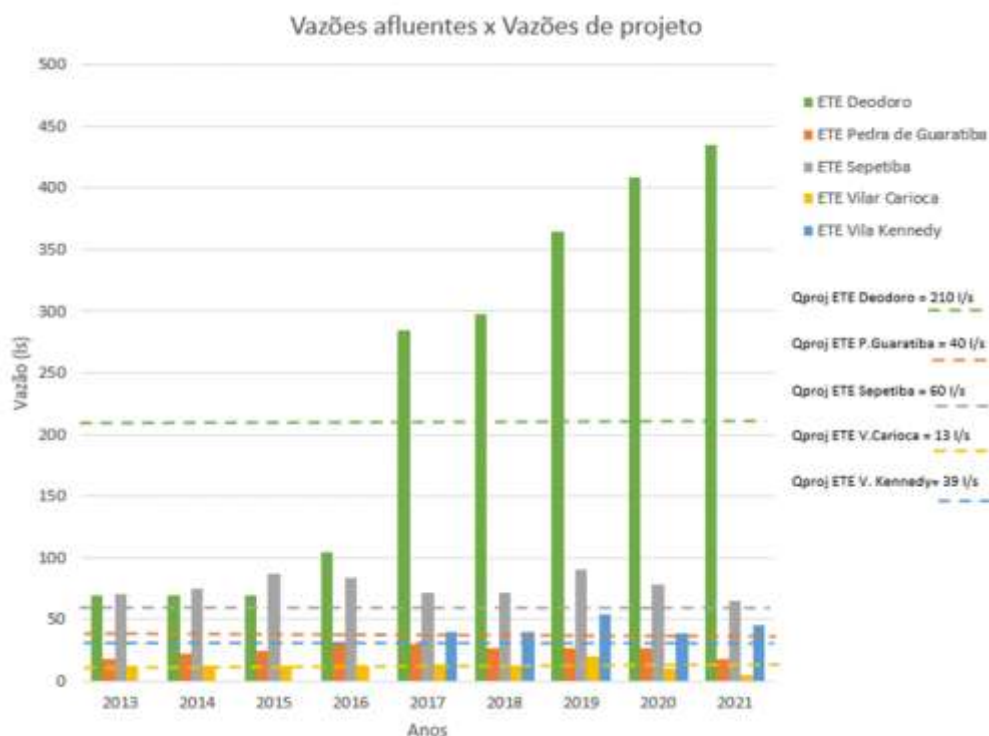
Para os parâmetros e frequência de monitoramento, o arcabouço a ser atendido foi composto basicamente pela exigência de atendimento da NT 202 R10 (Critérios e Padrões de Lançamento de Efluentes Líquidos), da DZ 215 R4 (Diretriz de Controle de carga Orgânica Biodegradável em Efluentes Líquidos de origem não Industrial), da DZ 942-R7 (Diretriz do Programa de Autocontrole de Efluentes Líquidos – PROCON ÁGUA) e ainda a apresentação anual da DCP, em atenção a CONAMA 357/05.

Também pode ser constatado que os dados se apresentam de forma muito distinta, dependendo basicamente da fonte de consulta utilizada. As discrepâncias entre os dados das DCP's e das LO's em relação aos resultados disponíveis nos RAE são ainda mais nítidas quando comparados aos dados das campanhas de monitoramento das ETE's (laboratório independente). Constata-se ainda uma maior variação nos resultados mínimos, médios e máximos provenientes das análises do Laboratório e das RAE's do que nos dados provenientes das LO's e DCP's. Quando se avalia os resultados das campanhas de análises realizadas pelo laboratório independente no período de dois anos de monitoramento (2015/16), bem como os dados dos RAE das ETE's estudadas, observa-se que as DBO/RNFT afluentes são bem inferiores aos valores convencionalmente adotados como parâmetro de projeto e de dimensionamento de sistemas de tratamento, usualmente compreendidos na faixa entre 300 e 400 mg O₂/L (Von Sperling, 1995; Jordão e Pessoa, 2017).

Vazões Afluentes às ETES

No Gráfico 1 é possível observar uma comparação entre as vazões de projeto (nominais) utilizadas para dimensionamento das ETES e os valores aferidos pelo monitoramento e aferição *in situ* das vazões afluentes.

Gráfico 1 – Comparação entre vazões afluentes reais e nominais de projeto das 5 ETEs analisadas.



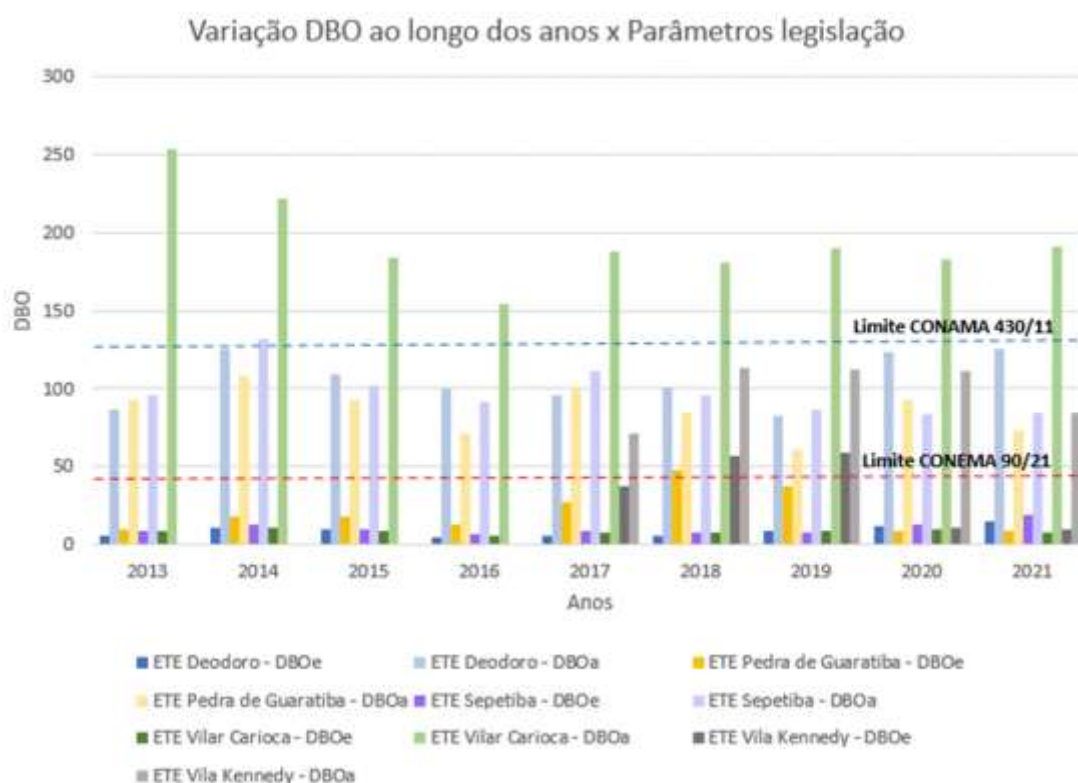
Fonte: Própria, baseado nos dados do INEA (2021) e do Grupo Águas do Brasil (2022).

As ETE's Deodoro, Sepetiba e Vila Kennedy apresentaram vazões afluentes próximas ou superiores às estabelecidas em projeto (vazões nominais). No caso de Deodoro – a única com vazão nominal acima de 100 L/s e sem sombra de dúvida a mais importante da área de concessão – o aumento da vazão levou a ampliação da capacidade da ETE para 750 L/s. Já as demais ETE's apresentaram resultados inferiores às projetadas, sendo que as ETE's Guaratiba e Vilar Carioca apresentaram respectivamente 100% e 90% das vazões afluentes aferidas inferiores às de projeto no período de estudo. Pela carência de precisão na medição das vazões afluentes às ETE's, como o que ocorre em várias outras ETE's da RMRJ (Obraczka e Leal, 2015; Obraczka *et al*, 2021), infere-se que as respectivas cargas orgânicas afluentes calculadas com base nessas vazões podem não estar ocorrendo na prática. A partir de menores cargas reais afluentes, haveria uma redução das demandas de tratamento mínimo necessário e, portanto, no porte ou complexidade do tratamento exigido. Além disso, vazões de tratamento afluentes bem distintas daquelas estimadas podem trazer reflexos relevantes para o sistema de planejamento e gestão, incluindo no cálculo de importantes índices de saneamento e ainda na aferição de metas operacionais pactuadas em contrato e utilizadas no PPS da concessão na AP5.

DBO e Cargas Orgânicas Afluentes e Efluentes

No caso específico da DBO, a média geral dos resultados empíricos das campanhas de análises feitas em laboratório se situa próxima a 100 mgO₂/L, muito similar à média geral dos dados dos RAE é de 104 mgO₂/L. Vale ressaltar que isso se verifica na totalidade das médias das análises realizadas, inclusive nas ETEs de maior porte e que representam cerca de 90% de todo o esgoto tratado na AP5. No Gráfico 2 é apresentada a variação das DBO's afluentes e efluentes das 5 ETEs (Deodoro, Pedra de Guaratiba, Vilar Carioca, Vila Kennedy e Sepetiba) ao longo do período de monitoramento (2013-2021), em comparação com os limites mínimos de lançamento definidos pelas legislações ora consideradas: o único da CONAMA (120 mgO₂/L) e o mínimo da CONEMA (40 mg O₂/L), esse último equivalente ao mínimo da DZ 215 para a mesma faixa de carga orgânica ($C > 80$ Kg DBO/dia).

Gráfico 2 – DBO afluente e efluente das 5 ETE's e sua conformidade com limites de lançamento da legislação (CONAMA e CONEMA)



Fonte: Própria, baseada nos dados do INEA, 2021, CONEMA 90/21 e CONAMA 430/11.

Pode ser constatado que 76% dos resultados de DBO afluente bruta já apresentavam valores inferiores ao limite da CONAMA 430/11, enquanto nenhum resultado de DBO afluente as ETE's se encontram abaixo do limite estabelecido pela legislação de acordo com o limite da CONEMA 90/21. Se forem desconsiderados os resultados referentes à ETE Vilar Carioca, 98% dos

valores de DBO afluente já atenderiam ao limite da CONAMA 430/II e DZ 215, enquanto 96% dos valores de DBO efluente atenderiam aos três limites preconizados.

Cabe ainda destacar os inúmeros resultados e situações em que as DBO's afluentes médias as ETE's aferidas pelas campanhas já apresentavam valores inferiores aos limites máximos recomendados para lançamento do efluente tratado em atendimento à legislação então vigente (DZ 215). No grupo das cinco ETE's de maior porte avaliadas, isso ocorreu em 17% do total de análises das campanhas, notadamente, nas ETE's de Vilar Carioca (25% dos resultados das análises) e Pedra de Guaratiba (50%).

Já os dados provenientes das DCP's apresentaram uma concentração média de DBO de 160 mg O₂/L. Embora ligeiramente superiores aos valores aferidos nas duas primeiras fontes já citadas (laboratório independente e RAE), são números ainda bem inferiores aos valores teóricos convencionalmente adotados/utilizados como base para projetos e para subsidiar o processo de licenciamento ambiental desses sistemas.

Na realidade, os únicos dados pesquisados cujos valores se aproximam dessas concentrações convencionais "teóricas" (na faixa de 300 a 340 mg O₂/L) são aqueles disponíveis e fornecidos pela 4ª fonte consultada, quais sejam, as respectivas Licenças de Operação das ETE's. De uma maneira geral, verifica-se que a diferença das concentrações "teóricas" em relação aos valores médios encontrados e aqueles aferidos empiricamente nas ETE's avaliadas podem variar de 10 a 300%, dependendo da fonte de dados utilizada na presente pesquisa (análises do laboratório, RAE's, DCP's e LO's).

Análise e Discussão dos Resultados

Mesmo sendo as DBO's afluentes nas 5 ETE's do estudo de caso muito inferiores aos valores teóricos usualmente adotados, não há uma maior influência sobre uma possível redução do nível mínimo de tratamento/remoção exigido. Além dos limites estabelecidos pela DZ 215 serem os mais restritivos do país, as grandes vazões afluentes envolvidas tendem a compensar essas baixas concentrações e a diluição verificadas quando se efetua o cálculo da carga orgânica bruta afluente e define-se as restrições da legislação.

Considerando, por exemplo, a menor DBO média encontrada pela pesquisa (de 60 mg O₂/L, na ETE P. de Guaratiba), uma vazão afluente média de 15 L/s – valor esse superior a vazão da grande maioria das ETE's avaliadas – seria suficiente para requerer o nível de tratamento mais elevado exigido pela DZ 215, ou seja, uma eficiência mínima de remoção de carga orgânica de 85%, além de DBO máxima efluente de 40 mg O₂/L.

Porém, se forem consideradas exclusivamente as demandas de concentração máxima de carga orgânica (DBO) no efluente final para lançamento no corpo receptor estabelecidas pela DZ 215, apenas uma etapa de tratamento anaeróbio – como um *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB), com eficiência facilmente alcançada da ordem de 60% (Von Sperling, 1995; ABES, 1999) – seria suficiente para adequar cerca de 60% do total de concentrações afluentes as ETEs analisadas.

Quanto a DBO no esgoto bruto, enquanto as médias aferidas ao longo período avaliado apontam para uma DBO afluente média das 5 ETEs de cerca de 120 mg O₂/L, o valor médio teórico sugerido por Von Sperling é de 350 mg O₂/L, ou seja, quase 200% maior.

Credita-se essa redução da DBO afluente a maior diluição dos esgotos que afluem às ETEs, influenciada por vários aspectos relacionados às características da área e bacia de esgotamento, como: a) disponibilidade e *per capita* de água; b) tipo de ocupação, nível de vida e hábitos da população atendida; c) valor da tarifa, grau e abrangência da hidrometração/micromedição praticada; d) grau de adesão de economias à rede coletora e d) afluência de águas pluviais de telhados e áreas pavimentadas, além de conexões da rede de drenagem na rede separativa (Obraczka e Leal, 2015; Tsutiya, 2004).

As dificuldades de interligação dos esgotos das economias à rede coletora e a influência das vazões de infiltração que vêm sendo constatadas na prática também contribuem para essa diluição e redução da DBO (Obraczka *et al.*, 2022).

As diferenças constatadas entre os valores teóricos utilizados para vazões de escoamento, DBO e cargas afluentes as ETEs consideradas e aqueles que ocorrem na prática podem também acarretar diversos problemas nos projetos e no planejamento e gestão dos sistemas de tratamento.

Pode-se citar o superdimensionamento e a ociosidade indesejável destes sistemas, uma vez que eles vêm recebendo vazões de esgotos bem aquém daquelas para as quais foram projetadas. É o caso da ETE Alegria, a maior em operação no ERJ: implantada para 2,5 m³/s, trata atualmente somente cerca de 50% dessa vazão (Bielchowsky, 2014; Obraczka *et al.*, 2021).

Segundo técnicos da Concessionária da AP5 (ZOMS), em 2017, na tentativa de dar partida da nova linha de processo biológico para ampliação da capacidade de tratamento da ETE Deodoro, surgiram vários contratemplos e atrasos devido à dificuldade de formação de lodo, causada pelas baixas concentrações de carga orgânica no afluente bruto (Roberti, 2018).

Na esteira das novas concessões de saneamento no RJ, os respectivos planos plurianuais de saneamento (PPS) e contratos priorizam investimentos em captações de tempo seco (CTS), notadamente nos primeiros anos dessas concessões. No modelo projetado de PPP, as novas

concessionárias devem investir paralelamente na construção da infraestrutura de CTS e nas redes do sistema separador. Os sistemas de CTS deverão conseguir interceptar pelo menos 70% do esgoto que drena pelas galerias pluviais em três anos a partir do início do contrato (Casa Fluminense, 2016). Segundo Toledo (2023), essa mudança de paradigma pode fomentar uma maior aceitação e implementação de sistemas de CTS e com isso apresentar uma tendência de maior diluição dos esgotos, gerando DBO's afluentes reais as ETE's ainda mais reduzidas (Tepedino *et al*, 2025).

De acordo com Von Sperling (1995), também há uma considerável influência da porcentagem de coleta e tratamento dos esgotos e de remoção de coliformes no tratamento dos esgotos na concentração global resultante. À medida que essas porcentagens aumentam, a concentração desses microrganismos no efluente final se reduz.

De forma a atender aos valores mais restritivos de parâmetros da legislação – como é caso de Nutrientes pela NOP INEA 45 que estabeleceu a CONEMA nº 90/21 – é necessário o emprego de tecnologias e tipologias de tratamento de efluentes mais complexas, que proporcionem não somente elevados índices de remoção de DBO, como também atendam os parâmetros de lançamento de nutrientes como Fósforo e Nitrogênio em corpos hídricos locais. Embora mais eficientes e confiáveis, tais processos exigem maiores investimentos para sua implantação e ainda apresentam maiores custos de manutenção – principalmente de operação – por conta do elevado consumo de energia (Jordão e Pessoa, 2017; Metcalf e Eddy, 2003). Segundo Von Sperling (1995), o custo de implantação de um sistema de Lodos Ativados situava-se entre R\$ 240,00 a 295,00 (entre 24 e 30 USD) por habitante enquanto no UASB essa variação é de R\$ 40,00 a 123,00 (entre 4 e 12 USD) por habitante, apresentando em contrapartida uma eficiência média de 85 e 72%, respectivamente. Considerando que em ambos os casos seria necessária uma etapa posterior de polimento para adequar os parâmetros de nutrientes as exigências da CONEMA, é possível inferir que em várias ETE's os limites desejados poderiam ser atingidos com emprego de processos de custo mais reduzido como, por exemplo, o tratamento anaeróbio, entre eles o UASB.

Dessa forma, poderiam ser liberados mais recursos para investimento em outras etapas e componentes do sistema de saneamento, como em coleta e transporte, aumentando assim sua abrangência (e eficácia) como um todo. São justamente esses os componentes mais defasados em termos de investimentos necessários, de acordo com diversos estudos realizados que contribuíram para identificar os principais gargalos para a universalização do saneamento básico (ITB, 2015; Obraczka e Leal, 2015; Tepedino *et al*, 2025).

CONCLUSÕES

As concentrações de carga orgânica (DBO's) podem variar em função de vários fatores relacionados às características da área/bacia da bacia de esgotamento considerada. No presente estudo, os dados disponíveis de DBO afluentes as ETE's avaliadas também apresentam grande variação em função da fonte de dados utilizada. Em diversas ETE's no ERJ as DBO's vêm se apresentando na prática muito inferiores aos valores convencionais adotados para projetos, planejamento, gestão e monitoramento de sistemas de esgotamento sanitário.

Além de não espelhar a realidade e gerar incertezas quanto à confiabilidade dessas informações, tal defasagem pode levar à adoção de parâmetros inadequados, e inclusive refletir no tipo e complexidade do sistema de tratamento exigido pela legislação ambiental, podendo gerar por exemplo uma redução dos investimentos necessários para implantar e operar tais ETE's.

Essa imprecisão pode assumir uma proporção ainda maior em função das carências constatadas na metodologia de medição de vazão empregada: a maior parte é feita ainda manualmente, com aferições pontuais e pouco frequentes (em determinados casos, no máximo 4 vezes ao dia nas ETE's de maior porte); há casos de medições realizadas eventualmente com base em estimativas. Esse processo não automatizado pode resultar em valores (como os de carga orgânica total afluente) incompatíveis com a situação que ocorre na prática. Deve-se portanto priorizar a realização de medições através de monitoramento automático e contínuo ao invés de valores estimados e/ou teóricos, provenientes da literatura e de outras fontes não empíricas.

Também pode ser constatado que muitas das ETE's avaliadas operam aquém da capacidade para as quais foram dimensionadas/construídas, devido ao simples fato de que boa parte da vazão de esgotos da respectiva bacia não está sendo captada, seja pela inexistência da rede coletora e/ou por sua baixa eficiência (ociosidade) e vêm sendo destinados inadequadamente, lançados *in natura* nos corpos hídricos locais, contribuindo para a poluição e estado de grande degradação em que se encontra a maioria dos rios que atravessam as regiões mais urbanizadas no ERJ, notadamente a RMRJ.

O presente trabalho trouxe ainda uma breve discussão inicial sobre possíveis impactos das exigências de remoção de nutrientes trazidas no bojo da CONEMA 90/21. O modelo atual tende a privilegiar o atendimento das maiores aglomerações urbanas, onde houver maior concentração de vazões, de forma a se obter maiores ganhos de escala na construção e operação

das ETE's, de alto investimento, já que vários desses custos são fixos e pouco dependem do porte das ETE's. Mesmo em distritos periféricos ou pequenas aglomerações urbanas, as exigências de remoção da CONEMA 90/21 poderão demandar sistemas mais complexos e inviabilizar ETE's com processos menos eficientes (e onerosos) de tratamento, como reatores UASB, lagoas, *wetlands*, ou filtros percoladores, embora seus efluentes atendam as demandas de uma legislação menos restritiva, como a CONAMA 430/2011.

Recomenda-se um aprofundamento na análise do custo/benefício e da real eficácia do modelo atual de saneamento que vem sendo praticado que prioriza a adoção de um elevado grau de tratamento exigido para atender a legislação estadual pertinente, agora ainda mais restritiva com o advento da CONEMA 90/21. Porém, ele age somente sobre uma reduzida fração dos esgotos que é efetivamente encaminhada às ETE's, cabendo destacar que esses esgotos se encontram já "diluídos", com DBO's bem inferiores aos dos efluentes brutos convencionais.

Enquanto isso, mesmo com boa parte das ETE's ociosas, grandes vazões de esgotos sanitários são lançadas, via de regra, nos corpos receptores, sem qualquer tipo de tratamento. Dessa forma, priorizar maiores investimentos no sistema de transporte (ligações domiciliares e rede coletora) pode ser o caminho mais adequado. A efetividade do modelo/paradigma atual de saneamento deve ser analisada considerando aspectos como população beneficiada, poluição evitada e melhoria da qualidade da água ao longo dos próximos anos, tendo ainda como meta atingir uma universalização mais rápida do saneamento.

Em função da tendência esperada de maior centralização dos investimentos das novas concessionárias pela economia de escala, sugere-se aprofundar a discussão desses possíveis efeitos negativos - entre eles possivelmente um caminho mais longo para a universalização do saneamento no ERJ - como um contraponto aos efeitos positivos advindos de uma legislação mais restritiva (i.e., CONEMA 90/21), tais como sua contribuição para melhoria de qualidade e maior proteção dos mananciais fluminenses.

Finalmente, recomenda-se que seja dada continuidade ao presente estudo, analisando-se o histórico disponível de dados e parâmetros de monitoramento empíricos referentes a outras ETE's da RMRJ. Essa pesquisa e seus possíveis desdobramentos poderão ser utilizados para aperfeiçoar o modelo de saneamento vigente e assim contribuir para melhoria da qualidade de vida da sociedade fluminense.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABES, 1999. **Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbico e Disposição Controlada no Solo**. Campos, J.R. (coordenador). Rio de Janeiro. PROSAB/ABES. 464p. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS ANA, 2017a (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno** / Agência Nacional de Águas. Brasília.

ALVES, S.R., OBRACZKA, M., FARIA, DE A.A., BORSATO, J.V.C, RODRIGUES, M.L., 2024. **Análise da Eficácia de Sistemas de Esgotos com base em Parâmetros de monitoramento de ETEs**. Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.

AGEVAP. COMITE DE BACIA DA BAÍA DE GUANABARA. Boletim Consolidado de Qualidade das Águas da Região Hidrográfica V – Baía de Guanabara – Bacia da Baía de Guanabara. Resultados Referentes Ao Período de Outubro a Dezembro de 2021. Disponível em: <https://comitebaiadeguanabara.org.br/wp-content/uploads/2022/11/Monitoramento-Relatorio-Simplificado-3-Dezembro2021.pdf>

AZEVEDO NETTO, FERNANDEZ, M., 2017. **Manual de Hidráulica**. Blucher, 9ª ed. Pag.445

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL/Radar IDHM (2013). Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/download/> Acesso em 10/09/24.

BIELSCHOWSKY, M. de C., 2014. **Modelo de gerenciamento de lodo de Estação de Tratamento de Esgotos: aplicação do caso da Bacia da Baía de Guanabara**. 165 f.: il. 45 Dissertação (mestrado) – UFRJ, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, RJ, 2014.

BILA D.M, SANTOS A.S; OHNUMA JR, A.A; OBRACZKA, M; CAMPOS, A.M.S. e ROSARIO, D, 2017. **Evaluation of potential routes for wastewater reuse management in the metropolitan region of Rio de Janeiro**. Poster apresentado na XI International Conference on Water Reclamation and Reuse da IWA, Long Beach CA/USA. Julho de 2017.

BORGES, E. A. M. A. **Dimensionamento e Parametrização de Serviços para a Implantação de Estações de Tratamento de Esgotos para Municípios de Pequeno Porte**. 2017. Dissertação de mestrado DEAMB- UERJ, p.146-152.

BRASIL, 2011. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA 430 de 13 de maio de 2011**. Disponível em <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em 02/02/25.

BRK AMBIENTAL, 2020. **Saneamento em pauta**. Disponível em: <https://blog.brkambiental.com.br/tecnologia-nereda/>. Acesso em 05/04/25.

CASA FLUMINENSE, 2016. **Captação de esgoto em tempo seco para sair da inércia**. Disponível em: <https://casafluminense.org.br/captacao-de-esgoto-em-tempo-seco-para-sair-da-inercia>. Acesso em 23/05/25.

CAVALLIERI F., E LOPES G. P., 2008 – IPP/Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Índice de Desenvolvimento Social – IDS: comparando as realidades micro urbanas da cidade do Rio de Janeiro. Nº 20080401 Abril – 2008. COLEÇÃO ESTUDOS CARIOCAS ISSN 1984-7203.

CEMARJ, 2021. **Conselho Estadual de Meio Ambiente do Rio de Janeiro (CONEMA). Resolução CONEMA Nº 90 de 08/02/2024**.

CEDAE. **Sistemas de abastecimento de água do da Cidade do RJ, com ênfase no GUANDU**. Disponível em: <http://www.seaerj.org.br/pdf/Guandu/ApresentacaooparaaSEAERJ.pdf> Acesso 5/11/24.

FEEMA (atual INEA), 2007. DZ-215 R-4 – **Diretriz de Controle de Carga Orgânica Biodegradável em Efluentes Líquidos de Origem Sanitária**. Disponível em: <http://www.tesalab.com.br/site/downloads/INEA_DZ-215.pdf> Acesso em 5/11/2018.

FIOCRUZ. **Conselho Deliberativo da Fiocruz divulga nota sobre a qualidade da água no Rio de Janeiro**. Portal Fiocruz. Rio de Janeiro, 2020. 1 p. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/noticia/conselho-deliberativo-da-fiocruz-divulga-nota-sobre-qualidade-da-agua-no-rio-de-janeiro>. Acesso em: 05/02/2025.

FOZ ÁGUAS 5, 2015. **Plano de Prestação de Serviços de Esgotamento Sanitário da AP5 (PPS)** para o período de 2013 a 2016.

Eficácia de Sistemas de Esgotos com Base em Parâmetros de Monitoramento de 5 Estações de Tratamento de Esgotos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro

GIORDANO G.; OBRACZKA M.; SOUZA M. M., DE; M. A. L. MELLO; E MARQUES C. F., . **Environmental Monitoring of Water Quality as a Planning and Management Tool: A Case Study of the Rodrigo de Freitas Lagoon, Rio de Janeiro, Brazil.** Lagoon Environments Around the World – A Scientific Perspective [Working Title]. Ied.: IntechOpen, 2019, p. 1-32

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Dados dos Censos demográficos referentes aos anos de 2000 e 2010.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/cens02010/default.shtm>> Acesso 16/05/24.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). **Boletim de qualidade das águas da região hidrográfica V – Baía de Guanabara bacia da Baía de Guanabara.** Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mdi2/~edisp/inea0026989.pdf> Acesso em 15/03/24.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). **Boletim de qualidade das águas da região hidrográfica II – Guandu.** Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwff/mdi3/~edisp/inea_027650.pdf. Acesso em 22/02/25.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). DZ.215.R-1 – **Diretriz de controle de carga orgânica biodegradável em efluentes líquidos de origem não industrial.** Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mde0/~edisp/inea0014059.pdf>. Acesso em 05/03/25.

INSTITUTO TRATA BRASIL. ITB, 2019. **Esgoto. Principais estatísticas de esgoto no Brasil.** Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/esgoto>. Acesso em 04/03/24.

INSTITUTO TRATA BRASIL. ITB, 2026. **Ranking do Saneamento.** Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2026/03/Estudo-da-G0-Associados-Ranking-do-Saneamento-de-2026.pdf> Acesso em 11/08/26

INSTITUTO TRATA BRASIL (ITB)/REINFRA, 2015. **Ociosidade das Redes de Esgotamento Sanitário no Brasil.** Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/ociosidade/relatorio-completo.pdf>. Acesso 12/03/25.

JORDÃO, E. P. e PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos.** ABES, 4ª Edição, RJ, 2017.

METCALF E EDDY, 2003. **Wastewater Engineering. Treatment and Reuse.** Fourth Edition. Published by McGraw Hill. pag. 1038.

MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2015 – Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS) – **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2015.** Disponível em <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2015>> Acesso 17/12/2017.

MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2016. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS),** – Disponível em: <<http://www.snis.gov.br>>. Acesso em 17/12/2017

MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2013. **Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB).** Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília maio/2013.

NUVOLARI, A., (Coord). 2011. **Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola.** 2ª Edição. Editora: Blucher. 565p ISBN-13: 9788521203148.

OBRACZKA, M e LEAL, L. F., 2015. **Análise do emprego de Indicadores para aferição da eficiência na gestão de um sistema de esgotamento sanitário: o estudo de caso da AP 5, RJ.** XVII SILUBESA

OBRACZKA, M., MURICY B., MACHADO S., e FREITAS, J. P. **Avaliação de Indicadores Operacionais em Sistemas de Esgotamento Sanitário.** Anais do XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH. Belo Horizonte nov. 2021 (ISSN 2318-0358) Disponível em <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/142/XXIV-SBRH0849-1-20210630-154147.pdf>

OBRACZKA, M.; ALCÂNTARA FARIA, ANDRÉ ; SOARES DA SILVA JR, LUIS CARLOS ; AKIRA OHNUMA JR, ALFREDO ; DE OLIVEIRA, KELLY ; CABRAL MURICY, BRUNO . Avaliação quantitativa do potencial de reúso industrial a partir dos efluentes de quatro estações de tratamento de esgoto na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Eletrônica Sistemas & Gestão JCR*, v. 16, p. 196-213, 2022

PMRJ, 2012. **CONTRATO DE CONCESSÃO 001/2012: ANEXO III.** Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Obras – SMO/Concessionária FA5 Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4290214/4105679/03>. Anexo III. Planodemetasemiveisparaprestacaodosservicos.pdf.> Acesso em 10/12/2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO (PMRJ), 2014. **Regulação e Fiscalização da Concessão dos Serviços de Esgotamento Sanitário na Área de Planejamento 5.** Relatório de Atividades 2014.<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/6520934/4175215/RelatoriodeAtividades_2014_R3_finalconsolidado.pdf>

ROBERTI, G. 2018. **Partida de um sistema de lodo granular aeróbio em escala plena: avaliação da formação de biomassa e de seu desempenho no tratamento biológico de esgoto sanitário** / Gabriel Roberti. – 2018. 106f. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

SANTOS, A.S.; JORDÃO, E. P.; PEREIRA, R. O. e BOTTREL S.E.C., 2014. **Aspectos legais para lançamento de efluentes no Brasil.** Anais do 34º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Monterrey, México.

Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico – SINISA, 2024. **Relatório dos Serviços de Esgotamento Sanitário.** Disponível em: <http://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/sinisa/resultados-sinisa/resultados-sinisa-2025>. Acesso em: 12 ago 2026.

SILVA JR L. C. S. da, 2019. **Panorama do Reuso de Efluentes nas Estações de Tratamento de Esgoto nas Concessionárias de Saneamento da Região Sudeste.** Projeto final de graduação DESMA/UERJ.

SILVA B. C. P. da, PERTEL, M. e FIGUEIREDO I.C., 2018. **Análise das Metas do Plano Municipal de Saneamento Básico do Rio de Janeiro** – Água e Esgoto. 29º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente.

SPERLING, Marcos von. **Tecnologias de tratamento de esgotos.** Brasília: FUNASA, 2013. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/uploads/2013/05/marcos_von.pdf. Acesso em: 17/12/2025

TEPEDINO, S.R.A, PINTO, Z.H, SILVA, L.R., REIS, I.D., OBRACZKA, M., 2025. **Avaliação de alternativas para o aumento da eficiência dos sistemas de esgotamento e melhoria da qualidade das águas do sistema Guandu.** 33º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.

TEPEDINO S. R. A., PINTO H. M. Z., DA SILVA J. R. P. e OBRACZKA M.. **Efeitos das Exigências Legais na Concepção e Expansão dos Sistemas de Esgotamento Sanitário: Estudo de Caso na RMRJ.** Anais do 33º Congresso de Engenharia Sanitária da ABES, Brasília, maio de 2025

TOLEDO F. J. V. DE, 2023. **Captação e Tratamento de Águas Residuárias em Tempo Seco.** Área de concentração: Saneamento Linha de pesquisa: Tratamento de Águas Residuárias. Belo Horizonte, 2023. Disponível em (https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/64415/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Felipe%20Jos%C3%A9%20Vorarcaro%20de%20Toledo.pdf).

TSUTIYA, M.T. **Abastecimento de Água,** 2004, EPUSP, 643p.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento dos Esgotos.** Vol.I. Belo Horizonte, UFMG, 1995.