




C A P Í T U L O 3

DIAGNÓSTICO DA POLUIÇÃO HÍDRICA NO GUANDU (RH-II): ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE EFLUENTES INDUSTRIAIS E SANITÁRIOS

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.625122504113>

Igor Rabello Ferreira Henriques Pereira

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Química, LAGEQUIM/LADETEC,
Avenida Horácio Macedo, 1281, 21941-598, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Celeste Yara dos Santos Siqueira

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Química, LAGEQUIM/LADETEC,
Avenida Horácio Macedo, 1281, 21941-598, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

RESUMO: A água é um recurso natural vital para a sobrevivência e desenvolvimento humano. Sua gestão ineficiente gera conflitos e desigualdades, principalmente em locais de expansão urbana desordenada onde a poluição hídrica é uma problemática ambiental crescente, como nos municípios inseridos na Região Hidrográfica do Guandu (RH-II). O lançamento de efluentes sanitários e industriais sem tratamento adequado na área de contribuição do rio Guandu, inserido na RH-II, impacta negativamente o meio ambiente e a saúde pública, tendo em vista que a captação para abastecimento de cerca de 9 milhões de habitantes fluminenses é proveniente deste manancial. Diante desse cenário, o poder público deve definir ações estratégicas que garantam o equilíbrio entre as atividades antrópicas e os recursos hídricos. Nesse sentido, o presente estudo, por meio de dados extraídos da plataforma do Procon Água, objetivou realizar o diagnóstico sobre o lançamento de efluentes industriais nos municípios estratégicos da RH-II, bem como caracterizar o lançamento de efluente de quatro atividades localizadas nos municípios de Queimados, Paracambi, Japeri e Seropédica. Após a avaliação dos principais parâmetros reportados no Procon Água, entre eles DBO e DQO, verificou-se que a carga orgânica efluente de cada uma das atividades durante o período analisado, janeiro a dezembro de 2022, é pouco representativa quando comparada ao quantitativo de carga orgânica proveniente do esgotamento sanitário sem tratamento, lançado diretamente nos corpos receptores afluentes do rio Guandu no mesmo intervalo de tempo.

PALAVRA CHAVE: Recursos hídricos, Rio Guandu, efluentes industriais, Qualidade da água, esgoto

DIAGNÓSTICO DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN EL RÍO GUANDU (RH-II): UN ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EFLUENTES INDUSTRIALES Y SANITARIOS

ABSTRACT: Water is a vital natural resource for human survival and development. Its inefficient management generates conflicts and inequalities, especially in areas with disorganized urban expansion where water pollution is a growing environmental problem, such as in the municipalities located within the Guandu Hydrographic Region (RH-II). The discharge of sanitary and industrial effluents without adequate treatment into the Guandu River's contribution area, which is part of RH-II, negatively impacts the environment and public health, considering that the water intake for supplying approximately 9 million inhabitants of the state of Rio de Janeiro comes from this water body. Given this scenario, public authorities must define strategic actions to ensure a balance between anthropic activities and water resources. In this regard, the present study, using data extracted from the Procon Água platform, aimed to perform a diagnosis of industrial effluent discharge in the strategic municipalities of the RH-II, as well as to characterize the effluent discharge from four activities located in the municipalities of Queimados, Paracambi, Japeri, and Seropédica. After evaluating the main parameters reported in Procon Água, including BOD (Biochemical Oxygen Demand) and COD (Chemical Oxygen Demand), it was verified that the effluent organic load from each of the activities during the analyzed period (January to December 2022) is minimally representative when compared to the quantity of organic load derived from untreated sanitary sewage discharged directly into the receiving bodies tributary to the Guandu River during the same time interval."

KEYWORDS: Water resources, Guandu River, industrial effluents, water quality, wastewater

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial à vida, desempenhando um papel fundamental na sobrevivência de uma variedade de seres vivos e sendo crucial para o desenvolvimento social e econômico da humanidade (Salinas Di Mauro; Moretti, 2017). A complexidade da interação entre o homem e a água aumentou com o surgimento de comunidades agrícolas e urbanas, gerando uma multiplicidade de demandas de uso. Embora a água cubra cerca de 71% da superfície do planeta, apenas uma pequena fração, aproximadamente 1% do volume total, atende aos padrões necessários para o uso humano (Lira; Cândido, 2013), o que realça a importância crítica da gestão e preservação dos recursos hídricos.

A água é vital para atividades econômicas como agricultura, indústria e geração de energia, o que frequentemente amplia os conflitos pelo acesso em regiões marcadas pela gestão ineficiente e escassez hídrica. O crescimento populacional, as

mudanças climáticas, o desmatamento e, crucialmente, a contaminação por poluentes contribuem para a redução da disponibilidade hídrica (OECD, 2015). Nesse cenário, a poluição hídrica emerge como uma preocupação ambiental crescente, sendo seu estudo e a busca por soluções fundamentais para a saúde pública e a preservação ambiental. A Constituição Federal estipula que “todos têm direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado” (Brasil, 1988); portanto, o monitoramento e o controle ambiental de poluentes, incluindo o tratamento de efluentes sanitários e industriais, são de extrema importância.

No contexto nacional, regiões densamente ocupadas, como a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), enfrentam severos desafios de segurança hídrica. O sistema de abastecimento da RMRJ depende majoritariamente do Rio Guandu, cuja vazão foi ampliada pela transposição das águas dos rios Piraí e Paraíba do Sul (Filho et al., 2012). Estima-se que o sistema Guandu distribua água para atender cerca de 9 milhões de cidadãos fluminenses, correspondendo a quase 70% da população da RMRJ (ANA, 2009). No entanto, os impactos antrópicos resultantes da intensa urbanização e industrialização comprometem a qualidade das águas superficiais que servem ao abastecimento público (Araújo et al., 2015; Britto et al., 2016).

A bacia hidrográfica dos rios Guandu, Guarda e Guandu Mirim abrange 15 municípios e está inserida na Região Hidrográfica II (RH-II) (Agevap, 2022). Apesar de sua relevância, a bacia enfrenta desafios recorrentes, como o lançamento de efluentes sem tratamento adequado, poluição industrial, expansão urbana irregular e desmatamento (Bacha et al., 2022). A crise hídrica vivenciada em janeiro de 2020, que afetou o abastecimento com turbidez, odor e sabor (Jannuzzi, 2020), foi associada à presença de geosmina e a um processo de eutrofização nos corpos hídricos. Este fenômeno, favorecido pelo aumento de nutrientes provenientes da poluição difusa a montante, demonstrou a ineficácia do tratamento convencional da ETA Guandu na remoção desses compostos orgânicos.

Com foco nessa problemática, o Instituto Estadual do Ambiente (Inea) instituiu, por meio da Resolução nº 256/2022, o Programa de Acompanhamento de Licenças do Guandu e Adjacências (Programa ALGA), visando o acompanhamento estratégico de atividades licenciadas que geram efluentes líquidos na RH-II (Inea, 2022). A avaliação dos efluentes lançados por atividades potencialmente poluidoras em áreas sensíveis é essencial para a definição de políticas públicas e ações estratégicas que garantam a preservação deste recurso, que é um bem de domínio público e deve ter sua gestão baseada nos fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH).

Dessa maneira, o Objetivo Geral do presente trabalho é estudar o lançamento de efluentes líquidos industriais, provenientes de atividades de alto ou significativo impacto ambiental, em corpos hídricos que afluem para o Guandu, onde ocorre a

tomada d'água para tratamento e distribuição pública. Para tanto, foram estabelecidos como Objetivos Específicos: a) a identificação das fontes de efluentes industriais lançados na sub-bacia do Rio Guandu a montante da captação da ETA Guandu; b) a classificação dessas fontes com base nas suas classes de impacto ambiental; c) a avaliação de conformidade dos efluentes provenientes de atividades de alto ou significativo impacto; e d) a avaliação da qualidade dos corpos hídricos da sub-bacia do Rio Guandu que recebem o lançamento desses efluentes.

METODOLOGIA

Coleta de Dados e Caracterização dos Efluentes Industriais na Sub-Bacia do Guandu

O estudo adotou uma metodologia dividida em **quatro fases sucessivas**, baseada exclusivamente em **dados oficiais** provenientes de plataformas do Governo do Estado do Rio de Janeiro, com o **Procon Água** como principal fonte de informação.

1. Delimitação e Seleção da Amostra

A primeira fase iniciou-se com a **delimitação da área de estudo** aos seis **municípios estratégicos** (Miguel Pereira, Nova Iguaçu, Queimados, Japeri, Paracambi, e Seropédica) localizados a montante da captação da ETA Guandu, conforme os critérios do **Programa ALGA**. Uma consulta realizada no Procon Água identificou inicialmente **94 atividades poluidoras**. Para refinar o foco, foram aplicados filtros rigorosos: primeiro, foram mantidas apenas as 39 atividades licenciadas na **esfera estadual** (excluindo as de impacto local/municipal); e, em seguida, foram selecionadas somente as unidades com lançamento de **efluentes de características industriais**, resultando em 19 unidades. Destas, apenas as **seis** que realizavam lançamento em corpos hídricos da **sub-bacia do Guandu** foram selecionadas para a etapa seguinte.

2. Enquadramento e Definição do Grupo de Estudo

Na segunda fase, os seis empreendimentos (E-1 a E-6) tiveram suas atividades e potenciais poluidores formalmente avaliados e enquadrados em classes de impacto ambiental, conforme a **NOP-INEA-46.R6**. Cinco empreendimentos foram classificados como de **Alto (5B) ou Significativo (6C) Impacto Ambiental** (E-2, E-3, E-4, e E-5), ou foram mantidos por terem relevante participação na gestão de efluentes industriais (E-1, uma Central de Tratamento). O empreendimento **E-6** (Baixo Impacto) foi excluído. O **Grupo de Estudo final** foi composto, portanto, por **cinco empreendimentos**, cujos pontos de lançamento foram **georreferenciados** no sistema do Procon Água para plotagem cartográfica.

Os empreendimentos incluídos são:

- I **E-1 (Paracambi):** Central de Tratamento de Efluentes Industriais (lança no Rio Ipê).
- I **E-2 (Seropédica):** Usina Termelétrica de Geração de Energia (lança no Rio Guandu).
- I **E-3 (Japeri):** Indústria de Cosméticos (lança no Rio dos Poços).
- I **E-4 (Queimados):** Indústria de Tecidos (lança no Rio Abel).
- I **E-5 (Queimados):** Indústria Cerâmica (lança no Rio Queimados).

3. Caracterização das Fontes de Efluentes

A terceira fase consistiu na caracterização detalhada dos processos industriais e sistemas de tratamento (ETEs/ETDIs) de cada um dos cinco empreendimentos, através da consulta a pareceres técnicos e processos de controle ambiental.

- I **E-1 (CTE):** Utiliza um processo complexo de tratamento (físico-químico, aeróbio/anaeróbio, e nanofiltração) em regime de **batelada** para tratar efluentes de terceiros. Monitora 26 parâmetros, incluindo metais pesados e compostos orgânicos.
- I **E-2 (UTE):** Opera de forma **contínua**, utilizando o Rio Guandu para captação e descarte. O efluente de lançamento é uma **mistura** de água de purga das torres de resfriamento (industrial) e esgoto sanitário (tratado em ETE por lodos ativados).
- I **E-3 (Cosméticos):** Opera uma ETDI (tratamento por lodos ativados) para efluente industrial e sanitário (em sistema de separador absoluto) antes de lançar no Rio dos Poços.

4. Avaliação da Qualidade da Água

A fase final do estudo destina-se a confrontar os dados de caracterização dos efluentes com os **Boletins de ensaio** e os padrões ambientais, avaliando a **conformidade** e a **qualidade da água nos corpos receptores**.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da triagem inicial das unidades cadastradas no sistema **Procon Água** indicam que a maioria das fontes de efluentes líquidos na área de estudo são classificadas como atividades de **impacto ambiental local**. O levantamento apontou que **60%** das unidades lançadoras de efluentes nos municípios estratégicos são licenciadas por órgãos ambientais **municipais**, enquanto apenas **40%** correspondem a atividades licenciadas na esfera **estadual**.

Embora o foco deste trabalho seja a avaliação de efluentes provenientes de indústrias, os dados preliminares sugerem que as atividades industriais não são as principais fontes de lançamento. Do total de unidades localizadas nos seis municípios,

apenas **32%** representam fontes de efluente de natureza **industrial**, contra **52%** de efluentes **sanitários** e **16%** de efluentes classificados como **não sanitários**.

O maior número de fontes de efluentes sanitários está associado à presença de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), tanto públicas quanto privadas, que, embora classificadas como atividades de impacto ambiental local (Resolução CONEMA nº 92/2021), possuem potencial para influenciar significativamente a qualidade dos corpos hídricos e, conseqüentemente, as águas que aportam na tomada d'água do sistema Guandu.

O levantamento identificou **30 fontes de efluente industrial**, concentradas em Seropédica (33%), Nova Iguaçu (30%) e Queimados (20%), não havendo nenhuma fonte industrial registrada em Miguel Pereira. É importante notar que esta contagem é limitada apenas aos empreendimentos que realizam lançamento direto de efluentes líquidos.

Apesar de serem menos numerosas que as fontes sanitárias, os impactos ambientais inerentes às atividades industriais tendem a ser mais expressivos. Observou-se que **63%** das fontes de efluente industrial são licenciadas pelo órgão ambiental **estadual**, sugerindo que a maior parte das atividades industriais na região está associada a impactos que transcendem o âmbito municipal ou que possuem maior complexidade.

Em termos de volume, as cinco unidades industriais do Grupo de Estudo (que representam **6,4%** das unidades totais cadastradas) lançaram um volume acumulado de **36.504.819 m³** de efluentes ao longo de 2022.

As unidades **E-2** (Usina Termelétrica) e **E-4** (Fábrica de Tecidos) foram as que lançaram a **maior quantidade de efluentes**, o que se explica pela natureza de seus processos produtivos. Na **E-2**, o volume elevado é resultado da alta demanda hídrica para **refrigeração**, com as torres de resfriamento sendo responsáveis por **88,8%** do efluente total. Na **E-4**, embora o efluente misture frações sanitárias e industriais, a maior parte é atribuída ao **processo produtivo** de tecidos, dado o número reduzido de funcionários. O volume lançado pela **E-3** (Cosméticos) manteve-se intermediário, associado diretamente ao seu nível de produção.

A **E-1** (Central de Tratamento de Efluentes) demonstrou uma **elevada variação no volume lançado** (o desvio padrão corresponde a **55%** da média), um efeito provável de seu funcionamento como receptora de efluentes de outras atividades, dependendo de fatores externos como a atividade econômica regional. Já a **E-5** (Fábrica de Peças Cerâmicas) registrou o **menor volume de lançamento**, explicado por dois fatores: primeiro, a **ausência de lançamento no primeiro trimestre** devido à manutenção da estação, com efluentes destinados a terceiros; e segundo a natureza

do processo cerâmico, onde grande parte da água é perdida por **evaporação** durante a secagem/queima ou absorvida na fabricação de moldes. Dessa forma, apenas uma média de 7,2% do consumo mensal de água da E-5 é convertida em efluente lançado no corpo hídrico.

As características físico-químicas dos efluentes indicam que, em todos os casos, há uma **mistura de esgoto sanitário e efluente industrial**, dificultando a quantificação segregada, exceto na E-2, que realiza medições separadas.

Avaliação de Conformidade e Inconsistências

A avaliação de conformidade revelou a necessidade de atualização nos programas de monitoramento de efluentes, especialmente após a vigência da NOP-INEA-48:

- I A **E-2** (Usina Termelétrica) não realiza medições de **Nitrogênio Amoniacal, Fósforo Total e Surfactantes**. O monitoramento desses parâmetros é considerado conveniente, dado que a unidade lança efluentes sanitários e águas residuárias de limpeza no Rio Guandu.
- I A **E-3** (Fábrica de Cosméticos) não monitora **Fósforo Total**. Embora o padrão de lançamento seja mais flexível para o corpo hídrico lótico receptor (Rio dos Poços), a NOP-INEA-48 exige explicitamente o monitoramento de Fósforo Total para indústrias de cosméticos.
- I A **E-4** (Fábrica de Tecidos) não apresentou resultados de **Óleos e Graxas**, apesar de utilizar Caixas Separadoras de Água e Óleo (CSAO) em seu processo.
- I A **E-5** (Fábrica de Cerâmica) não monitorou **Sólidos Suspensos Totais (SST)**, e o monitoramento de **Surfactantes** só foi implementado a partir de agosto de 2022.

Foram registradas **40 ocorrências de lançamento de Fósforo Total acima do limite de 1,0 mg/L**, concentradas em duas unidades:

- I **E-5 (Fábrica de Cerâmica):** Responsável por **37 dos 40 registros**, apresentando excesso reiterado de **Fósforo Total** e **Nitrogênio Amoniacal**.
 - I **Impacto:** O lançamento da E-5 ocorre no Rio Queimados (a montante do ponto PM6), onde o monitoramento da água indicou qualidade de **ruim a muito ruim**, com altos níveis de Fósforo Total e Nitrogênio Amoniacal.
- I **E-1 (Central de Tratamento de Efluentes - CTE):** Registrou **3 excedências de Fósforo Total** (o único parâmetro fora do padrão).

- I **Contexto:** Embora a CTE tenha excedido o limite em medições pontuais, as médias mensais ponderadas nos meses afetados permaneceram baixas (0,40 mg/L e 0,74 mg/L).
- I **Impacto no Corpo Hídrico:** O ponto de monitoramento mais próximo (PM1, no Rio Macaco) manteve uma qualidade de água classificada como **regular** em relação aos níveis de Fósforo.

DBO, DQO e Eficiência de Tratamento

- I **E-3 (Fábrica de Cosméticos):** Apresentou apenas **um registro de DBO** acima do limite e **um registro de DQO** acima de 250 mg/L.
 - I **Eficiência:** A E-3 manteve uma **alta eficiência de remoção de DBO** (média de 96,8% no ano), cumprindo a exigência normativa de 90% para sua carga orgânica bruta. A única exceção foi em dezembro, quando a eficiência caiu para 89,1%.
- I **DQO e Matéria Orgânica:** A E-5 também registrou um excesso de DQO em uma medição. O estudo ressalta a importância de monitorar a matéria orgânica, sendo a **eficiência de remoção de DBO** um dos parâmetros cruciais para avaliar o desempenho dos sistemas de tratamento em todas as cinco unidades.

A avaliação do Índice de Qualidade da Água (IQA) nos seis trechos monitorados permitiu entender a dinâmica ambiental, embora sem estabelecer relação direta de causa e efeito com as indústrias:

Rio Guandu (PM2 e PM3)

Apresentou os **melhores índices de qualidade** (regular a boa). No entanto, houve uma **diminuição do IQA entre PM2 e PM3**, principalmente devido ao aporte de **coliformes termotolerantes** (com PM3 apresentando qualidade “muito ruim” nesse subíndice).

- I **Conclusão:** Isso sugere que os **esgotos domésticos despejados sem tratamento** representam o maior impacto na qualidade do Rio Guandu nesse trecho, mais do que os despejos industriais da E-2.
- I **E-2 no Guandu:** A usina E-2 não apresentou lançamentos fora dos padrões de temperatura (principal ponto de atenção) e DBO, com o **Oxigênio Dissolvido (OD)** se mantendo acima de 5,0 mg/L em PM2 e PM3 (padrão Classe 2).

Rio Macaco (PM1)

Manteve um IQA classificado como **ruim** em todo o período. Os parâmetros mais críticos foram **Coliformes Termotolerantes** e **Oxigênio Dissolvido (OD)**.

- I **Coliformes:** Os teores de coliformes superaram o limite da Classe 2 em todas as campanhas, indicando a influência de **esgoto doméstico sem tratamento** de Paracambi.
- I **OD:** As concentrações de OD ficaram abaixo de 5,0 mg/L em 58 das campanhas (fora do padrão Classe 2).
- I **E-1 no Macaco:** Os resultados **enfraquecem a hipótese** de que a **E-1** (CTE) seja responsável pela qualidade ruim em PM1, devido à sua **baixa carga orgânica** (próxima a 100 de remoção de DBO) e baixo volume de lançamento, sendo o esgoto não tratado de Paracambi o fator mais provável.

Rio dos Poços (PM4)

Apresentou um IQA médio de **34,2 (ruim)**, com resultados variando entre ruim e muito ruim. Os parâmetros mais críticos foram **Coliformes Termotolerantes**, **DBO** e **OD**.

- I **Contexto:** O Rio dos Poços recebe afluentes de Japeri, município que, segundo o SNIS (2021), não possui sistema público de coleta de esgoto, o que sugere que a baixa qualidade da água é inerente ao **aporte de despejos domésticos sem tratamento**.
- I **E-3 no Rio dos Poços:** Embora a E-3 tenha tido alta eficiência de tratamento (média de 96,8% de DBO), a **alta DBO residual** (devido à elevada DBO no efluente bruto industrial) no lançamento pode contribuir para a poluição, especialmente quando excedeu o limite de DQO em dezembro.

Rio Queimados (PM5 e PM6)

Apresentou os **menores níveis de IQA (muito ruim)**, com piora na qualidade em direção a PM6. Os parâmetros críticos foram **Coliformes Termotolerantes**, **DBO**, **Fósforo Total** e **OD**.

- I **Causa:** A baixa qualidade é reflexo da área urbana de Queimados, onde 44,5% do esgoto doméstico não é coletado nem tratado.
- I **E-4 (Tecidos):** O lançamento da E-4 no Rio Abel não apresentou registros fora dos padrões, tendo alta eficiência de remoção de DBO (92,5%) e DQO (91,8%).

- I E-5 (Cerâmica) e PM6:** O ponto PM6 (Distrito Industrial) recebe a contribuição da E-5. Apesar do **baixo volume de efluente** da E-5, a **difículdade em remover Fósforo Total (95% das amostras) e Nitrogênio Amoniacal** pode acelerar a eutrofização no Rio Queimados, um rio de preocupante nível de poluição que conflui para a área de captação do Guandu.

CONCLUSÕES

O estudo sobre os efluentes líquidos na sub-bacia do Guandu conclui que a **degradação da qualidade da água** nos rios monitorados é predominantemente causada pelo **lançamento massivo de esgoto doméstico sem tratamento**, embora a contribuição industrial adicione cargas poluentes complexas e localizadas que merecem atenção rigorosa.

A avaliação do IQA (Índice de Qualidade da Água) nos rios **Guandu, Macaco, dos Poços e Queimados** revela que a presença elevada de **coliformes termotolerantes** e o baixo **Oxigênio Dissolvido (OD)** são os fatores mais críticos, sendo diretamente correlacionáveis à ausência de coleta ou tratamento de esgoto sanitário em municípios como Japeri e Queimados. A diminuição da qualidade do Rio Guandu entre os pontos PM2 e PM3, por exemplo, é atribuída principalmente ao aporte de coliformes sanitários, e não aos lançamentos industriais da Usina Termelétrica E-2, que se manteve dentro dos padrões de temperatura e DBO.

Em relação à contribuição industrial (unidades E-1 a E-5), verificou-se que a **eficiência de remoção de DBO** na maioria das unidades (E-1, E-3, E-4 e E-5) está acima de 90,0%, indicando um desempenho adequado no tratamento de matéria orgânica biodegradável. Contudo, em termos de **Carga Orgânica Total (DQO)**, a **E-2 (Termelétrica)** emergiu como a maior contribuinte em massa devido ao seu **elevado volume de efluente**. A **E-3 (Cosméticos)**, apesar da alta eficiência, lança uma carga orgânica residual alta em função da concentração extremamente elevada no seu efluente bruto.

O caso mais preocupante de impacto industrial é a **E-5 (Fábrica de Cerâmica)** no Rio Queimados. Embora a E-5 tenha o menor volume de lançamento, demonstrou falhas persistentes na remoção de **Fósforo Total e Nitrogênio Amoniacal**, com 95% das amostras de fósforo acima do limite. O lançamento desses nutrientes no Rio Queimados, um corpo hídrico já altamente poluído e próximo à captação do Guandu, aumenta significativamente o risco de **eutrofização**.

Por fim, o estudo identificou a necessidade de **atualização dos programas de monitoramento** industrial conforme a NOP-INEA-48 para garantir o controle de parâmetros críticos não avaliados, como Fósforo Total em cosméticos e Óleos e Graxas em tecidos.

Em suma, embora as unidades industriais apresentem desafios de monitoramento e poluição por nutrientes (E-5) e carga orgânica total (E-2 e E-3), o saneamento básico deficiente é o **fator limitante** para a qualidade da água na sub-bacia, sendo a melhoria do tratamento de esgoto doméstico a medida de maior impacto ambiental positivo.

REFERÊNCIAS

APHA; AWWA; WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 23. ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, 2017. Agevap, 2022: Citado ao delimitar a bacia hidrográfica do Guandu e a RH-II.

ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (AGEVAP). *Relatório Ambiental da Região Hidrográfica II (RH II)*. Resende, RJ: AGEVAP, 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *Plano Estratégico de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim: Relatório-Síntese*. Brasília, DF: ANA, 2009. Araújo et al., 2015.

BACHA, L; VENTURA, R; BARRIOS, M; SEABRA, J TSCHOEKE, D; GARCIA, G; MASI, B; MACEDO, L; GODOY, J M. O.; COSENZA, C; REZENDE, C. E.; LIMA, V.; OTTONI, A. B.; THOMPSON, C. THOMPSON, F., Britto (2022): Risk of Collapse in Water Quality in the Guandu River (Rio de Janeiro, Brazil). *Microbial Ecology*. New York, v. 84, n. 1, p. 314-324, jul. 2022.

FILHO, J. P. V. et al. O Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos na Região Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul: Aspectos Institucionais, Históricos e Atuais. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 195-207, out./dez. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censo Demográfico 2022: População e Domicílios – Primeiros Resultados*. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

JANNUZZI, R. P. P. Análise da Crise de Abastecimento de Água no Rio de Janeiro e Seus Impactos no Sistema Guandu, 2020.

LIRA, M. de F. do N. G.; CÂNDIDO, G. A. Escassez da Água: Um desafio para o desenvolvimento sustentável e a gestão ambiental. *Revista de Administração e Negócios da Amazônia*, 2013.

SALINAS, E.; DI MAURO, C. A.; MORETTI, E. C. (Org.). *Água, Recurso Hídrico: Bem Social Transformado em Mercadoria*. São Paulo: ANAP, 2017.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). *The Governance of Water Regulators: Results from an International Survey*. Paris: OECD Publishing, 22 jul. 2015. DOI: 10.1787/9789264233261-en.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MDR). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). *Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – Ano de Referência 2021*. Brasília, DF: MDR, 2022

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MDR). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). *Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – Ano de Referência 2022*. Brasília, DF: MDR, 2023.

DOCUMENTOS LEGAIS E NORMATIVOS

- I **Brasil, 1988:** Referente à **Constituição Federal** (“todos têm direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado”).
- I **Resolução CONAMA nº 357/2005:** Referente ao padrão de enquadramento de águas doces de Classe 2 (limites para OD, Coliformes, Fósforo).
- I **Resolução CONAMA nº 430/2011:** Citada em relação à faculdade do órgão ambiental de requerer monitoramento de Fósforo e aos critérios de eficiência mínima de tratamento.
- I **Resolução CONEMA nº 92/2021:** Citada para classificação da operação de ETEs como atividade de impacto ambiental local.
- I **Resolução INEA nº 256/2022:** Referente à instituição do **Programa de Acompanhamento de Licenças do Guandu e Adjacências (Programa ALGA)**.
- I **DZ-205.R-6:** Norma do órgão ambiental citada para os padrões de lançamento de efluentes industriais (limites de DBO, DQO, e eficiência mínima de remoção de DBO de 90% para grandes cargas).
- I **NT-202.R10:** Norma citada para o padrão de lançamento de Fósforo Total e o limite máximo de temperatura (40°C).
- I **NOP-INEA-45:** Norma citada para definir a concentração máxima de DBO no lançamento para efluentes com baixa carga orgânica bruta.
- I **NOP-INEA-46.R6:** Norma citada para o enquadramento e classificação das atividades em classes de impacto ambiental.
- I **NOP-INEA-48:** Norma citada como sendo a nova regulamentação de efluentes que exige a atualização dos cadastros e monitoramento de parâmetros mínimos (ex: Fósforo Total para cosméticos).