

Análise Socioespacial sobre o Potencial de Implantação do Reúso de Água na Bacia Hidrográfica do Guandu/RJ

Carolina Dias Lelacher¹; Rosane Cristina de Andrade¹; Alena Torres Netto¹

✉ carolinalelacher@gmail.com

1. Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Maracanã, Rio de Janeiro – Brasil

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

Recebido em: Outubro de 2025

Aceito em: Novembro de 2025

Publicado em: Dezembro de 2025

Resumo: A insegurança hídrica na Bacia Hidrográfica do Guandu vem se agravando nos últimos anos e uma das alternativas para o seu gerenciamento, trata-se do reúso de água. Isto posto, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise socioespacial sobre o potencial de aplicação do reúso de água em estações de tratamento de águas residuárias nesta bacia. Para tanto, utilizou-se o Sistema QGIS para mapear estações de tratamento de águas residuárias presentes nos municípios completamente inseridos na Bacia Hidrográfica do Guandu e na Região Hidrográfica II/RJ. Em seguida, analisou-se pela escala de cinco pontos, a percepção ambiental das indústrias e das estações de tratamento de águas residuárias presentes na área de estudo, a partir da submissão de questionários. Assim, com relação à percepção ambiental, verificou-se a necessidade de incentivos econômicos para o incremento do reúso de águas residuárias na Bacia Hidrográfica do Rio Guandu. Acerca dos dados socioespaciais, verificou-se que a vazão total de águas residuárias produzidas na Bacia Hidrográfica do Guandu e na Região Hidrográfica II correspondem a 1.241,302 m³/h, atendendo quantitativamente a demanda industrial de 563,29 m³/h provenientes de outorgas de captação presentes nesta região. Conclui-se, portanto, a viabilidade quantitativa de aplicação do reúso de água na Bacia Hidrográfica do Rio Guandu, contribuindo para o gerenciamento dos recursos hídricos, promovendo a sustentabilidade, a economia circular e a segurança hídrica da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro.

Palavras-chave: Diagnóstico Ambiental, Reaproveitamento de Água, Sensoriamento Remoto, Percepção Ambiental.

Socio-Spatial Analysis of the Potential for Implementing Water Reuse in the Guandu River Basin, RJ

Abstract: Water insecurity in the Guandu River Basin has been worsening in recent years, and one of the alternatives for its management is water reuse. In this context, the present study aims to conduct a socio-spatial analysis of the potential for applying water reuse in wastewater treatment plants within this basin. To achieve this, the QGIS System was used to map wastewater treatment plants located in municipalities fully encompassed by the Guandu River Basin and the Hydrographic Region II/RJ. Subsequently, the environmental perception of industries and wastewater treatment plants in the study area was analyzed using a five-point scale, based on the submission of questionnaires. Regarding environmental perception, the need for economic incentives to increase the reuse of wastewater in the Guandu River Basin was identified. Concerning socio-spatial data, it was found that the total flow of wastewater produced in the Guandu River Basin and Hydrographic Region II amounts to 1,241.302 m³/h, quantitatively meeting the industrial demand of 563.29 m³/h from water abstraction permits in this region. Therefore, the quantitative feasibility of applying water reuse in the Guandu River Basin is confirmed, contributing to water resource management, promoting sustainability, circular economy, and water security in the Metropolitan Region of the State of Rio de Janeiro.

Keywords: Environmental Diagnosis, Water Reuse, Remote Sensing, Environmental Perception.

Análisis Socioespacial sobre el Potencial de Implementación del Reúso de Agua en la Cuenca Hidrográfica del Guandu, RJ

Resumen: La inseguridad hídrica en la Cuenca Hidrográfica del Guandu se ha agravado en los últimos años, y una de las alternativas para su gestión es el reúso de agua. En este sentido, el presente trabajo tiene como objetivo realizar un análisis socioespacial sobre el potencial de aplicación del reúso de agua en estaciones de tratamiento de aguas residuales dentro de esta cuenca. Para ello, se utilizó el sistema QGIS para mapear las estaciones de tratamiento de aguas residuales ubicadas en los municipios completamente insertados en la Cuenca Hidrográfica del Guandu y en la Región Hidrográfica II/RJ. Posteriormente, se analizó la percepción ambiental de las industrias y de las estaciones de tratamiento de aguas residuales presentes en el área de estudio, utilizando la escala de cinco puntos, a partir de la aplicación de cuestionarios. En cuanto a la percepción ambiental, se constató la necesidad de incentivos económicos para fomentar el reúso de aguas residuales en la Cuenca Hidrográfica del Río Guandu. En relación con los datos socioespaciales, se verificó que el caudal total de aguas residuales producidas en la Cuenca Hidrográfica del Guandu y en la Región Hidrográfica II corresponde a 1.241,302 m³/h, satisfaciendo cuantitativamente la demanda industrial de 563,29 m³/h proveniente de concesiones de captación presentes en esta región. Se concluye, por tanto, la viabilidad cuantitativa de aplicar el reúso de agua en la Cuenca Hidrográfica del Río Guandu, contribuyendo a la gestión de los recursos hídricos, promoviendo la sostenibilidad, la economía circular y la seguridad hídrica en la Región Metropolitana del Estado de Río de Janeiro.

Palabras clave: Diagnóstico Ambiental, Reúso de Agua, Eledelección, Percepción Ambiental.

INTRODUÇÃO

Segundo Castro (2022), a população mundial deverá atingir 232 milhões de pessoas até 2050 e esta situação se agrava nos grandes centros urbanos gerando alta pressão sobre os recursos hídricos. Dados da Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (ANA) apontam que a demanda por água potável no Brasil cresceu 80% nos últimos 20 anos, com projeções de aumentar mais 26% até 2030 (ANA, 2019).

Assim, a adoção de medidas direcionadas para a gestão eficiente dos recursos hídricos tornam-se urgentes, tendo em vista que a ausência de saneamento em muitas cidades impacta diretamente na disponibilidade de água potável gerando poluição e a sobrecarga dos mananciais (SESSO FILHO *et al.*, 2024; KRAMER *et al.*, 2022).

Em decorrência dos impactos da poluição sobre os corpos hídricos, tem-se o aumento de conflitos pelo uso da água, como o ocorrido na Região Sudeste, entre os anos de 2014 e 2015, quando a bacia do Rio Paraíba do Sul se tornou alvo de disputa entre os Estados do Rio de Janeiro e São Paulo (RAMOS, 2021; PEIXOTO; SOARES; RIBEIRO, 2021; BAI; OCHUODHO; YANG, 2019).

Ademais, estudos de Khan *et al.* (2015) e de Zhu e Chang (2020) indicam que o aumento na frequência de eventos climáticos extremos, tanto de seca quanto de inundações, agravados pelo aquecimento global, impactam negativamente na qualidade da água potável para abastecimento.

Dessa forma, torna-se estratégica a gestão adequada da bacia hidrográfica do Guandu, pela sua relevância para o abastecimento de água da população residente na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, como forma de promover a segurança hídrica através investimentos, regulamentações e da conscientização da população para o uso da água (COMITÊ GUANDU, 2018; PAULA; FORMIGA-JOHNSSON, 2023).

Isto posto, verifica-se que o desenvolvimento de tecnologias e a elaboração de políticas públicas voltadas à preservação dos recursos hídricos são indispensáveis. Nesse sentido, o reaproveitamento ou reúso de água contribuem para a sustentabilidade hídrica, proporcionando benefícios socioeconômicos significativos, aumentando a disponibilidade de água potável (LOPES, 2021; MOTA, 2022).

Práticas voltadas para o reúso de água na irrigação e fertilização dos solos vem sendo adotadas desde a pré-história (ca. 3200-1000 BC), passando pela Grécia Antiga até a Idade Contemporânea (ANGELAKIS *et al.*, 2018; RESTREPO, 2017).

O reúso de água trata-se do reaproveitamento de águas previamente utilizadas em atividades humanas, uma ou mais vezes, visando o atendimento de outras necessidades, inclusive a finalidade original, como forma de mitigar a emissão de poluentes nos corpos hídricos, proporcionando benefícios socioeconômicos e a ampliação da disponibilidade hídrica (SEAS, 2022; MOTA, 2022).

Dentro desse contexto, esse trabalho tem como objetivo realizar um diagnóstico socioespacial sobre a aplicação do reúso de água nos municípios da Bacia Hidrográfica do Guandu-RJ, com a finalidade de contribuir para a gestão ambiental e colaborativa, propondo um modelo eficaz de gestão de recursos hídricos.

A análise socioespacial proposta neste estudo combinou como modelo de gestão, a percepção ambiental e o georreferenciamento remoto para a implementação de políticas públicas para o reúso de água na bacia hidrográfica do Guandu, fortalecendo a segurança hídrica, impulsionando a sustentabilidade e melhorando o bem-estar social (SILVA DANELUZZI; PALMIERI, 2022; GUANDU, 2018; MOTA, 2022).

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo classifica-se como exploratório-descritivo de acordo com Gil (2002), partindo-se de dados qualitativos e quantitativos (FLICK, 2009). Foram consideradas como público-alvo indústrias e estações de tratamento de águas residuárias presentes nos municípios completamente inseridos na Bacia Hidrográfica do Guandu, sendo estes os municípios de Japeri,

Paracambi, Seropédica, Engenheiro Paulo de Frontim, Queimados e Itaguaí; segundo a Resolução Estadual CERHI-RJ nº 107 de 22 de maio de 2013.

A área de estudo trata-se da Bacia Hidrográfica do Guandu, que possui uma extensão territorial de 1.446 m², sendo composta pelos rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim. Esta bacia abrange 15 municípios e recebe uma transposição de 120 m³/s do Rio Paraíba do Sul, sendo responsável pelo abastecimento de 9 milhões de habitantes da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), além de indústrias, hidrelétricas e termelétricas localizadas nesta região (ISH, 2019).

As etapas do estudo foram divididas em Diagnóstico Socioespacial e Percepção Ambiental, detalhadas nos itens a seguir.

Diagnóstico Socioespacial

Realizou-se um levantamento socioeconômico a partir de dados referentes à população, produção industrial e renda, com base em dados do IBGE (2022); ANA (2017); SNIS (2022) e Estudos/Planos Municipais de Saneamento Básico - PMSB dos municípios analisados no período de 2015-2023. A seguir, foi realizado o mapeamento das estações de tratamento de águas residuárias e das indústrias presentes nos municípios de Japeri, Paracambi, Seropédica, Engenheiro Paulo de Frontim, Queimados e Itaguaí, por meio de sensoriamento remoto via Sistema QGIS - Sistema de Referência Geodésico Sirgas 2000. Para isso, foram utilizados dados referentes a usuários com outorga para lançamento e usuários com outorga para captação.

A partir do mapeamento, determinou-se segundo Faria *et al.* (2021), a área de influência nos raios de 5 km, 10 km e 15 km das estações de tratamento de águas residuárias e das indústrias com maiores vazões declaradas, buscando-se analisar a viabilidade espacial para o reaproveitamento de água nos municípios estudados. Assim, foram estimados percentuais de oferta/demanda, determinando a possibilidade de aplicação do reúso de água para sanar as necessidades verificadas em cada município.

Percepção Ambiental

Foi realizada por meio da elaboração de questionários estruturados, compostos por questões abertas e fechadas, sendo as questões abertas propostas de acordo com Lüdke e André (1986). Para o cálculo amostral, utilizou-se o método probabilístico aleatório, variável nominal, população finita, intervalo de confiança de 95% e proporção p de 0,50 de acordo com Martins (2006). A análise da percepção ambiental se deu pela escala de cinco pontos (1 a 5), no qual as

respostas são classificadas pelos participantes em: ruim e excelente, discordo totalmente e concordo totalmente, nunca utilizaria e utilizaria com certeza (CARVALHO; MOREAU; MONTAÑO, 2023).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diagnóstico Socioespacial Sobre A Aplicação De Reúso De Águas Residuárias Nos Municípios Completamente Inseridos Na Bacia Hidrográfica Do Guandu

Segundo o estudo, os municípios completamente inseridos na Bacia Hidrográfica do Guandu produzem anualmente 670,68 m³ de esgoto tratado, apesar de serem coletados diariamente um volume de 898,57 m³ de esgotos, o que representa perda de cerca de 25% do total produzido que poderiam ser reutilizados adequadamente nas indústrias e no abastecimento doméstico para uso não potável dos municípios em questão (SNIS, 2022; INFOSANBAS, 2024; INEA, 2024).

A análise socioespacial da pesquisa, revelou um total de 20 outorgas de lançamento de efluentes emitidas, frente a 117 outorgas para captação nos seis municípios completamente inseridos na Bacia Hidrográfica do Guandu (Tabela 1).

Tabela 1 – Vazão ofertada e demandada dos municípios completamente inseridos na Bacia Hidrográfica do Guandu/RJ

Município	Vazão Outorgada (usuários lançamento)	Município	Vazão Outorgada (usuários captação)	Diagnóstico
Itaguaí	344,40 m ³ /h	Itaguaí	218,39 m ³ /h	Atende
Seropédica	153,00 m ³ /h	Seropédica	217,04 m ³ /h	Não Atende
Queimados	33,53 m ³ /h	Queimados	88,77 m ³ /h	Não Atende
Japeri	20,70 m ³ /h	Japeri	26,13 m ³ /h	Não Atende
Paracambi	22,16 m ³ /h	Paracambi	7,46 m ³ /h	Atende
Engenheiro Paulo de Frontin	0	Engenheiro Paulo de Frontin	5,50 m ³ /h	Não Atende
Total	573,79 m³/h	Total	563,29 m³/h	

Fonte: Adaptado de INEA, 2024.

De acordo com os dados levantados, dos cerca de 573,79 m³/h de vazões de lançamento declaradas e das outorgas concedidas para captação correspondem os Gráficos 1 e 2, a seguir:

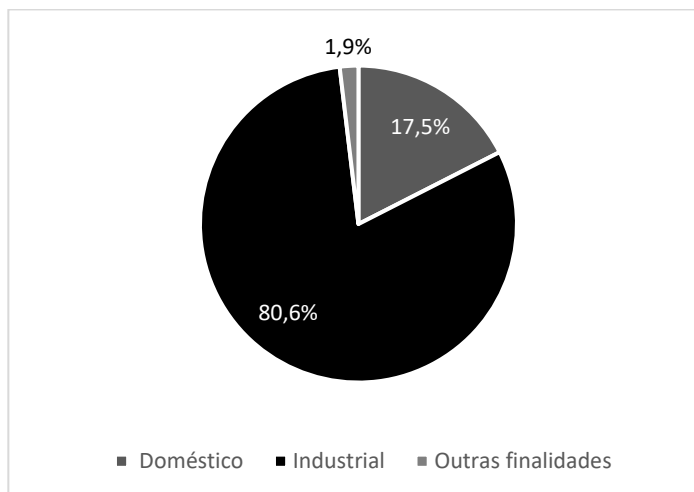


Gráfico 1 – Percentual de Outorgas de Lançamento Declaradas em Relação à sua Finalidade
Fonte: Adaptado de INEA, 2023.

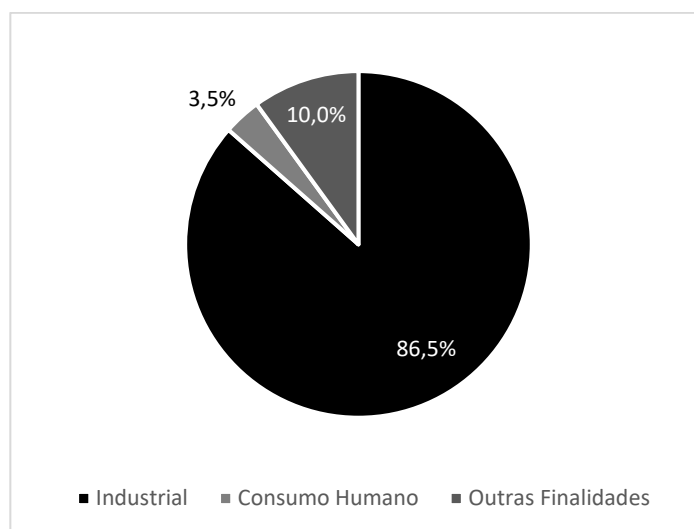


Gráfico 2 – Percentual de Outorgas de Captação Declaradas em Relação à sua Finalidade
Fonte: Adaptado de INEA, 2023.

Os dados obtidos referentes à vazão outorgada para lançamento e captação, indicaram que dos seis municípios completamente presentes na Bacia Hidrográfica do Guandu, apenas os municípios de Itaguaí e Paracambi possuem capacidade de atendimento em oferta de efluentes, suficiente para satisfazer as demandas apresentadas pelos seus municípios, sob a perspectiva quantitativa.

Observou-se ainda que 4% das outorgas do direito de lançamento foram concedidas para corpos subterrâneos e 96,0% das outorgas, para lançamento em águas superficiais; 88,5% destas outorgas referiam-se à captação de águas subterrâneas e 11,5% relacionam-se à captação de águas superficiais.

Considerando a proximidade dos seis municípios estudados e as estações de tratamento de efluentes (ETEs) localizadas nos demais municípios da Região Hidrográfica do Guandu II (Figura 1), a inclusão dessas ETEs contribuiria com uma vazão nominal de 667,51 m³/h (Tabela 2).

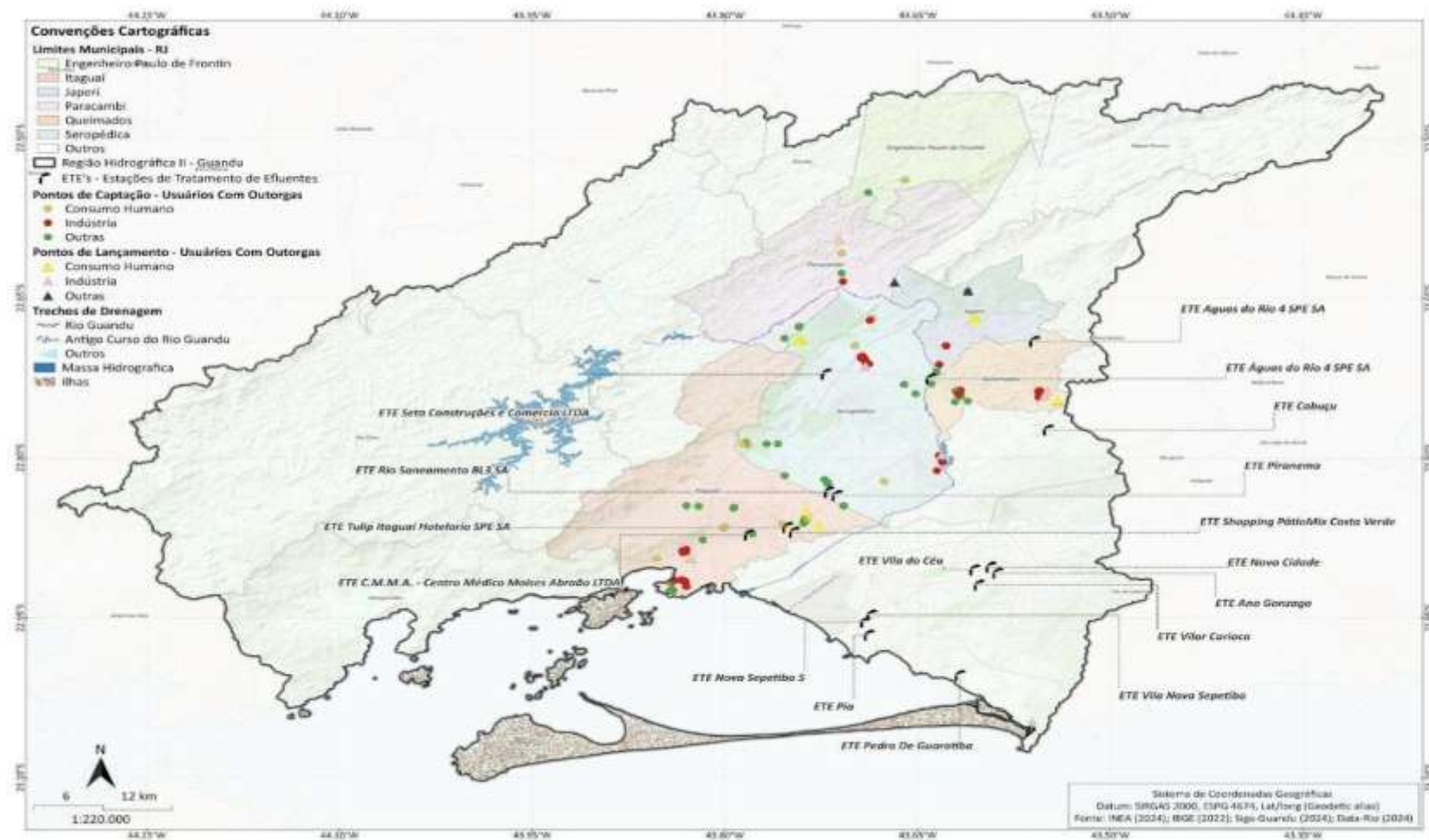


Figura 1 – Estações de Tratamento de Esgotos e Indústrias presentes na Bacia Hidrográfica do Guandu.
Fonte: A autora, 2024.

Tabela 2 – Vazão ofertada e demandada dos Municípios presentes na Região Hidrográfica do Guandu

ETE	Vazão (L/s) nominal	Corpo Receptor
ETE Nova Cidade	32,28	Rio Inhoaíba
ETE Pedra de Guaratiba	30,00	Rio Piraque
ETE Cabuçu e Laranjeiras	27,80	-
ETE Vila do Céu	26,50	Córrego das Rãs
ETE Vilar Carioca	28,00	Rio Papagaio
ETE Vila Nova Sepetiba	11,02	Vala do Cortume
ETE Boa Fé e Piranema	6,20	-
ETE Ana Gonzaga	12,50	Valão do Centro
ETE Piaí	2,23	Canal Jardim
ETE Nova Sepetiba 5	8,89	Canal da Goiaba II
Total	185,42 L/s ou 667,51 m³/h	

Fonte: Adaptado de INEA, 2024.

Desse modo, verifica-se que a vazão total das outorgas de lançamento 573,79 m³/h dos municípios completamente inseridos na Bacia Hidrográfica do Guandu, somada a vazão de Estações de Tratamento de Efluentes presentes na Região Hidrográfica II 667,51 m³/h, resultaria num total de 1241,30 m³/h de efluentes tratado disponível para reúso nos municípios completamente inseridos na Bacia do Guandu.

Isto posto, dois cenários configuram-se acerca da possibilidade de reúso de efluentes tratados como forma de mitigar a utilização de água tratada em processos produtivos nos municípios completamente presentes na Bacia Hidrográfica do Guandu. No primeiro, a adoção de vazão outorgada para lançamento contribuiu com 573,79 m³/h, resultando num excedente de +10,50 m³/h.

No segundo, a adoção de outorgas de lançamento, acrescida da vazão efluente de estações de tratamento de efluentes tratados localizadas na Região Hidrográfica do Guandu, contribui com 1241,30 m³/h e um volume excedente de +678,01 m³/h (Tabela 3):

Tabela 3 - Déficit de vazão ofertada e demandada dos municípios completamente inseridos na Bacia Hidrográfica do Guandu/RJ

Vazão Outorgada (usuários para captação)	Vazão Outorgada (usuários para lançamento)	Vazão Outorgada (usuários para lançamento) + (Vazão de ETE's RH II)	Volume excedente para atendimento (usuários de lançamento)	Volume excedente para atendimento (usuários para lançamento) + (Vazão de ETE's RH II)
573,79 m³/h	563,29 m³/h	1241,30 m³/h	+10,50 m³/h	+678,01 m³/h

Fonte: Adaptado de INEA, 2024

Portanto, no primeiro cenário, a inclusão de outorgas de usuários para lançamento corresponde a 98,17% do necessário para satisfazer o volume declarado pelos usuários de outorga de captação. No segundo cenário, a inclusão das estações de tratamento de efluentes presentes na Região Hidrográfica do Guandu II, correspondem a 216,33% do volume declarado pelos usuários de outorga de captação, ou seja, mais que o dobro do volume verificado no primeiro cenário.

Observa-se assim, a possibilidade de atendimento quantitativo para a reutilização de efluentes tratados na Bacia Hidrográfica do Guandu, no segundo cenário, levando-se em consideração as demandas apresentadas pelas outorgas de captação verificadas neste estudo.

O aprofundamento da análise espacial pode contribuir para a avaliação da viabilidade quantitativa do uso de efluentes tratados, considerando os volumes declarados nas outorgas de captação. Nesse sentido, realizou-se um levantamento das áreas de influências de usuários com outorgas para lançamento e captação de água, tendo como finalidade o consumo humano, uso industrial e outras finalidades. As áreas de influência analisadas foram delimitadas em raios de 5km, 10 km e 15 km (Figura 2).

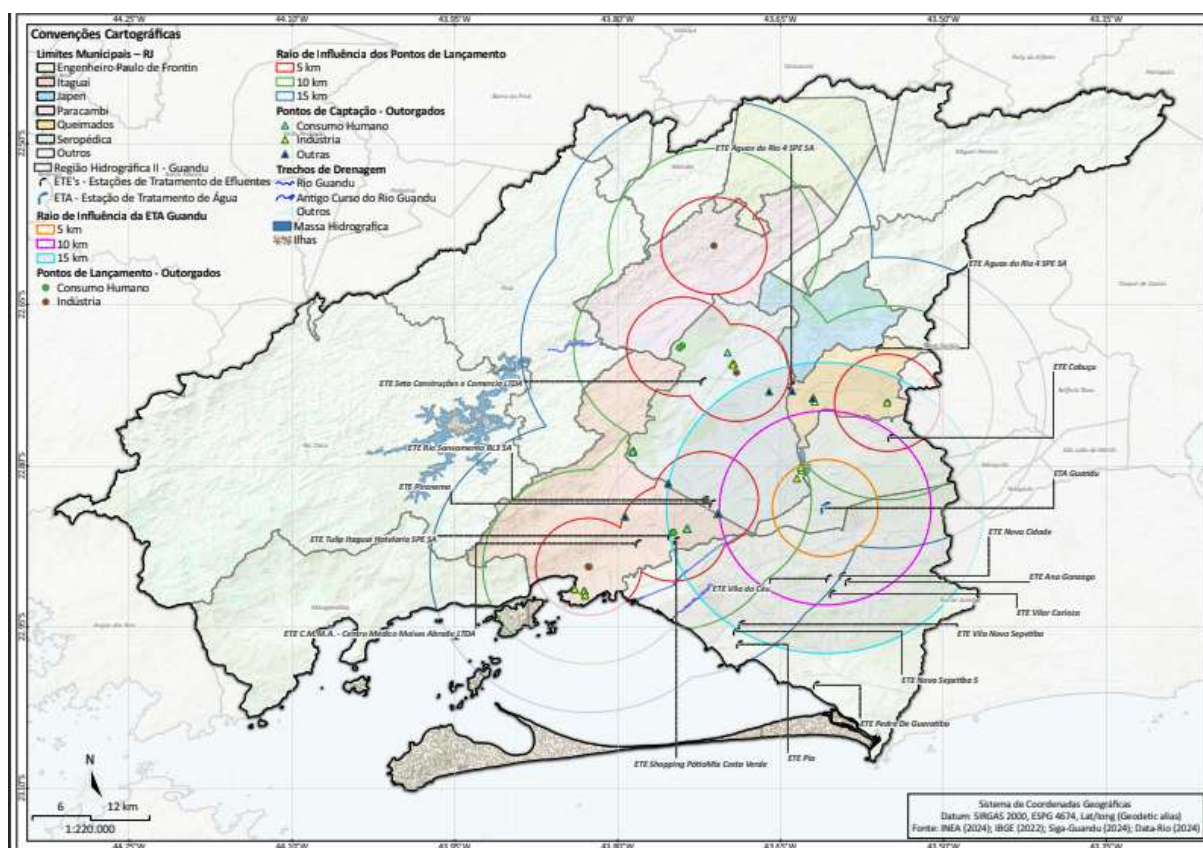


Figura 2 – Áreas de Influência de 5km, 10 km e 15 km entre as Estações de Tratamento de Esgotos e Indústrias dos municípios das bacias totalmente inseridas na bacia do Guandu.

Fonte: A autora, 2024.

Dessa forma, com relação às estações de águas residuárias com área de influência de 5km; 24,3% encontram-se no município de Itaguaí, 69,6% encontram-se no município de Seropédica e 6,1%, localizam-se no município de Queimados; perfazendo um total de 376,20 m³/h de efluentes tratado.

Com relação às estações de águas residuárias com área de influência de 10 km, demonstrou que 47,8% destas estações localizam-se no município de Queimados e 52,2% no município de Seropédica; perfazendo vazão total de 95,80 m³/h. No tocante às estações de águas residuárias com área de influência de 15 km, 74,9% localizadas no município de Seropédica e 25,1% de Itaguaí, produzindo um total de 218,70 m³ de efluente tratado.

Analisando os dados referentes às vazões produzidas pelas estações de águas residuárias frente às suas respectivas áreas de influência, observou-se que o município de Seropédica apresenta as maiores quantidades de outorgas declaradas para lançamento em todas as áreas de influência analisadas – 5km, 10km e 15km; ou seja, para área de influência de 5km, 59,0% das outorgas para lançamento, para área de influência de 10km, 52,1% das outorgas verificadas e 74,8% das outorgas para lançamento para área de influência de 15 km.

Com relação às indústrias, para a área de influência de 5km, o município de Itaguaí apresenta a maior quantidade de outorgas emitidas com 76,8% das outorgas de captação; para as demais áreas de influência analisadas - 10km e 15 km, o município de Seropédica apresenta 92,8% das outorgas de captação emitidas para a área de influência de 10 km e 64,0% das outorgas de captação emitidas para área de influência de 15 km.

Os dados obtidos referentes à vazão outorgada para lançamento e captação, sob áreas de influência nos raios de 5 km, 5 km - 10 km e 10 km - 15 km, dos seis municípios completamente presentes na Bacia Hidrográfica do Guandu, demonstrou que apenas os usuários com outorgas para lançamento dos municípios de Itaguaí, Queimados e Seropédica, com raios de 10 km a 15 km seriam capazes de atender as demandas de usuários com outorgas para captação apresentadas.

Logo, analisando comparativamente, os dados gerais referentes às vazões ofertadas e demandadas em cada um dos municípios, nas áreas de influência com raios de 5 km, 5 km - 10 km e 10 km - 15 km, constata-se a viabilidade de atendimento quantitativo para as estações de tratamento de efluentes com vazão de 690,70 m³/h e indústrias com vazão de 283,38 m³/h, excedendo em 58% o volume demandado pelas indústrias nas respectivas áreas de influências.

Percepção ambiental sobre o reúso de água de indústrias e estações de tratamento de águas residuárias presentes na Bacia Hidrográfica do Guandu

Considerando o método probabilístico aleatório (MARTINS, 2006), a quantidade mínima de respostas válidas para as indústrias e para estações de tratamento de águas residuárias presentes na Bacia Hidrográfica do Guandu, foram respectivamente, 39 e 24 respostas.

A partir das respostas obtidas, verificou-se que a grande maioria das estações de tratamento de águas residuárias localizavam-se na Baixada Fluminense 86,7%, sobretudo no Município de Queimados/RJ 33,3%. Com relação aos setores indústrias e segmentos empresariais participantes neste projeto de pesquisa, obtiveram-se os percentuais disponíveis a seguir (Gráfico 3):

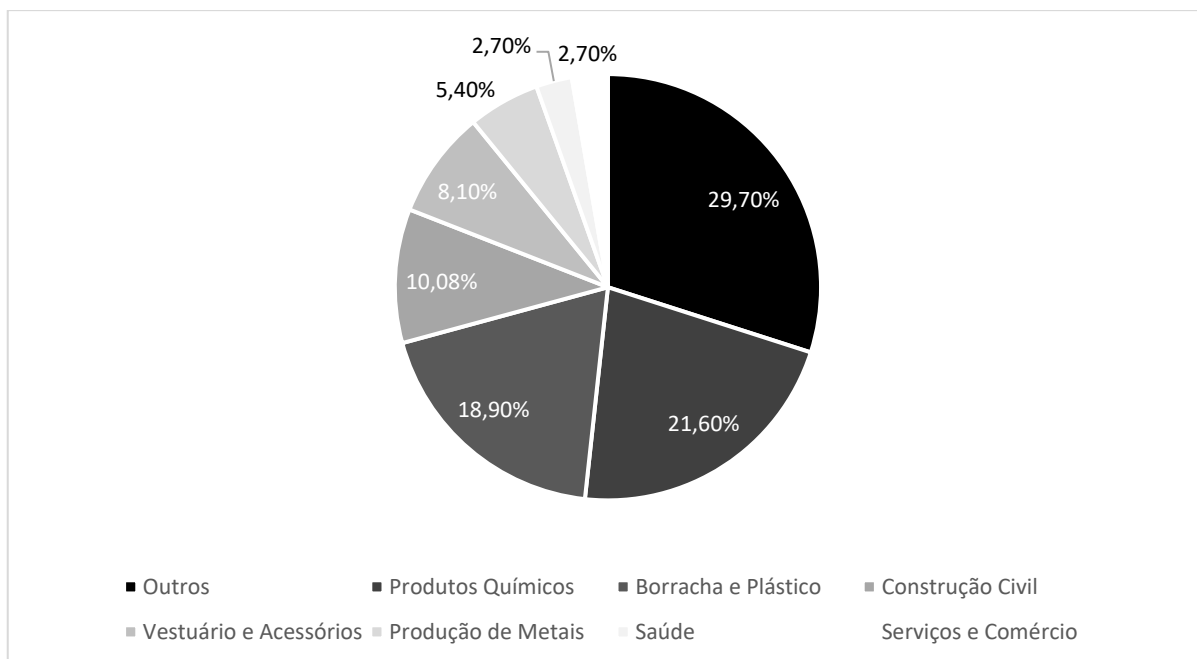


Gráfico 3 – Setores Indústrias e Segmentos Empresariais Participantes Pesquisa.

Fonte: Fonte: Adaptado de INEA, 2023.

De acordo com as devolutivas, 35,1% das indústrias participantes possuíam pouco conhecimento sobre o reúso de água, 37,8% afirmaram que seus funcionários apresentavam pouco conhecimento sobre o reúso de água e 37,8%, informaram que seus funcionários não apresentavam nenhum conhecimento sobre o tema. Portanto, a maioria das estações de tratamento de águas residuárias, 60%, afirmaram possuir pouco conhecimento sobre o reúso de água.

Nessa mesma linha, questionou-se aos participantes sobre a sua percepção ambiental com relação a possibilidade de reutilização de águas residuárias em indústrias, verificando-se que 16,2% afirmaram que discordam totalmente sobre a possibilidade de reutilização de águas residuárias em seus processos produtivos, enquanto 18,9% das indústrias participantes afirmaram que concordam totalmente com a possibilidade de reutilização de águas residuárias (Gráfico 4).

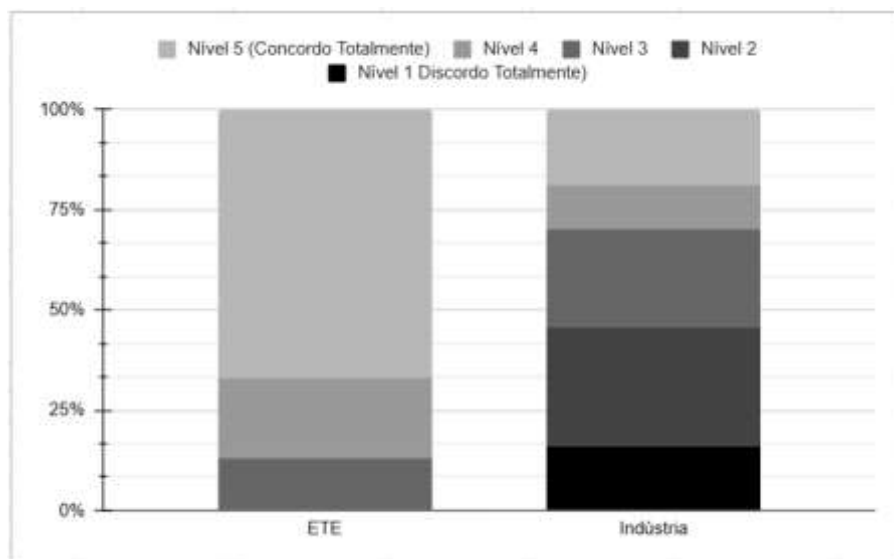


Gráfico 4 - Percepção sobre o conhecimento dos participantes da pesquisa acerca da possibilidade de reutilização de águas residuárias.

Fonte: A autora, 2025.

Ainda com relação à possibilidade de reutilização de águas residuárias, questionou-se às estações de tratamento de águas residuárias participantes, observando que a maioria destes participantes, 66,7% afirmaram concordar totalmente com a possibilidade de reutilização do reúso de água.

Sob esta perspectiva, foi questionado às estações de tratamento de águas residuárias, sobre a existência de sistema de reúso de água em suas instalações, sendo verificado que a maioria, ou seja, 66,7% não possuíam sistema de reúso de água.

Dentre as estações de tratamento de águas residuárias que possuíam sistemas de reúso de água, 87,5% foram consideradas recentes possuindo entre 5 e 10 anos de operação, enquanto 12,5% das estações de tratamento de águas residuárias e efluentes com sistema de reúso de água contam com o sistema operando a mais de 10 anos.

Nesse sentido, questionou-se às indústrias e estações de tratamento de águas residuárias, sobre a sua percepção de riscos ambientais com relação à saúde humana derivada do reúso de água quando incorporado no processo produtivo, assim como, a correlação de tecnologias para o tratamento de esgotos e a minimização dos impactos à saúde humana. Comparando-se os dois públicos-alvo, verificou-se que 60% das ETE's/estação de tratamento de águas residuárias participantes afirmaram discordar totalmente com a possibilidade de riscos à saúde humana decorrentes do reúso de água, enquanto apenas 13,5% das indústrias participantes tiveram essa mesma percepção ambiental.

Assim sendo, questionou-se aos participantes sobre a sua percepção com relação à eficiência de tratamento de reúso de água e corroborando as percepções acima apresentadas, pois, 40% das estações de tratamento de águas residuárias responderam concordar totalmente com a relação existente entre as tecnologias para o tratamento de água de reúso e a mitigação dos possíveis impactos ambientais para a saúde humana.

No que tange às indústrias, 35,1%, relataram não concordar com a possibilidade de uso de tecnologias para o tratamento de água de reúso. Verificou-se também, que 50% das indústrias e das estações de tratamento de águas residuárias participantes, afirmaram concordar com esta afirmativa, demonstrando assim, afinidade com o uso de tecnologias adequadas para a aplicação dos reúso de água, assim como a mitigação dos efeitos negativos decorrentes desta produção.

Tendo em vista os recorrentes impactos ambientais advindos das fortes chuvas e extremos climáticos em todas as regiões brasileiras, como também no Estado do Rio de Janeiro, questionou-se sobre a possibilidade de implantação de tecnologias de reúso de água em indústrias e em estações de tratamento de águas residuárias.

Dessa forma, obteve-se os seguintes resultados para a questão “Tenho interesse em implantar o reúso de água neste empreendimento”; 25% das estações de tratamento de águas residuárias e 18,9% das indústrias afirmaram “Utilizaria com Certeza”.

Desse modo, dentre os participantes da pesquisa, corrobora-se a compreensão sobre o mérito das medidas sociais para o alcance da transversalidade e seus impactos para o meio ambiente.

Considerando esses dados, observa-se que as atividades de divulgação da crise hídrica instalada na Bacia Hidrográfica do Guandu, podem contribuir para o incremento de respostas favoráveis a esta técnica.

Sendo assim, no tocante às indústrias e empresas participantes, dentre as opções apresentadas 40,5% das indústrias e empresas afirmaram realizar treinamento de seus funcionários sobre o reúso de água, 40,5% ainda não realizavam nenhuma atividade voltada para esse tema e 8,1% destas, afirmaram realizar atividades permanentes de Educação Ambiental sobre o reúso de água.

Nesse sentido, questionou-se aos participantes dentre as seguintes iniciativas, quais seriam as mais efetivas para a promoção de tecnologias de reúso de água; atividades de educação ambiental e treinamento da população; incentivos econômicos e fiscais, tais como, isenção de impostos e descontos nas contas de água; adoção de políticas públicas voltadas para

o reúso de água desenvolvidas, obtendo-se os seguintes resultados para cada sugestão (Gráfico 5).

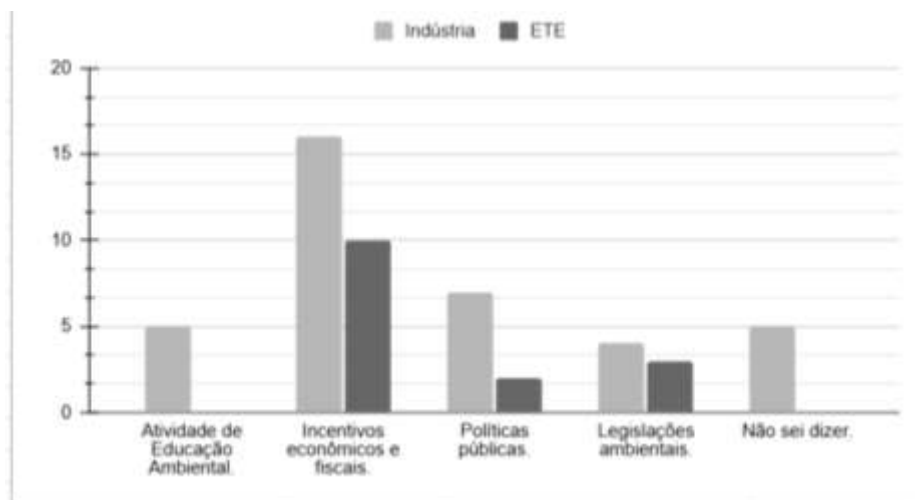


Gráfico 5 – Percepção sobre eficácia de medidas para a adoção do reúso de água

Fonte: A autora, 2025.

Segundo as devolutivas 75,6% dos participantes apontaram que os incentivos econômicos e fiscais, tais como, isenção de impostos e descontos nas contas de água seriam a melhor opção. Sequencialmente foi apontada a adoção de políticas públicas voltadas para o reúso de água 51,5%; atividades de educação ambiental e treinamento da população 40,8%; e legislações ambientais 34,4%, enquanto 37,2% demonstraram ausência de conhecimento sobre o tema, afirmando não saber dizer sobre o assunto.

Sendo assim, observa-se que a adoção de instrumentos econômicos pode ser uma maneira eficiente para estimular a adoção do reúso de água nos municípios em questão, seguida do desenvolvimento de políticas públicas de gestão.

Isto posto, questionou-se acerca das possíveis razões de impedimento da adoção do reúso de água no processo produtivo de indústrias e empresas (Gráfico 6).

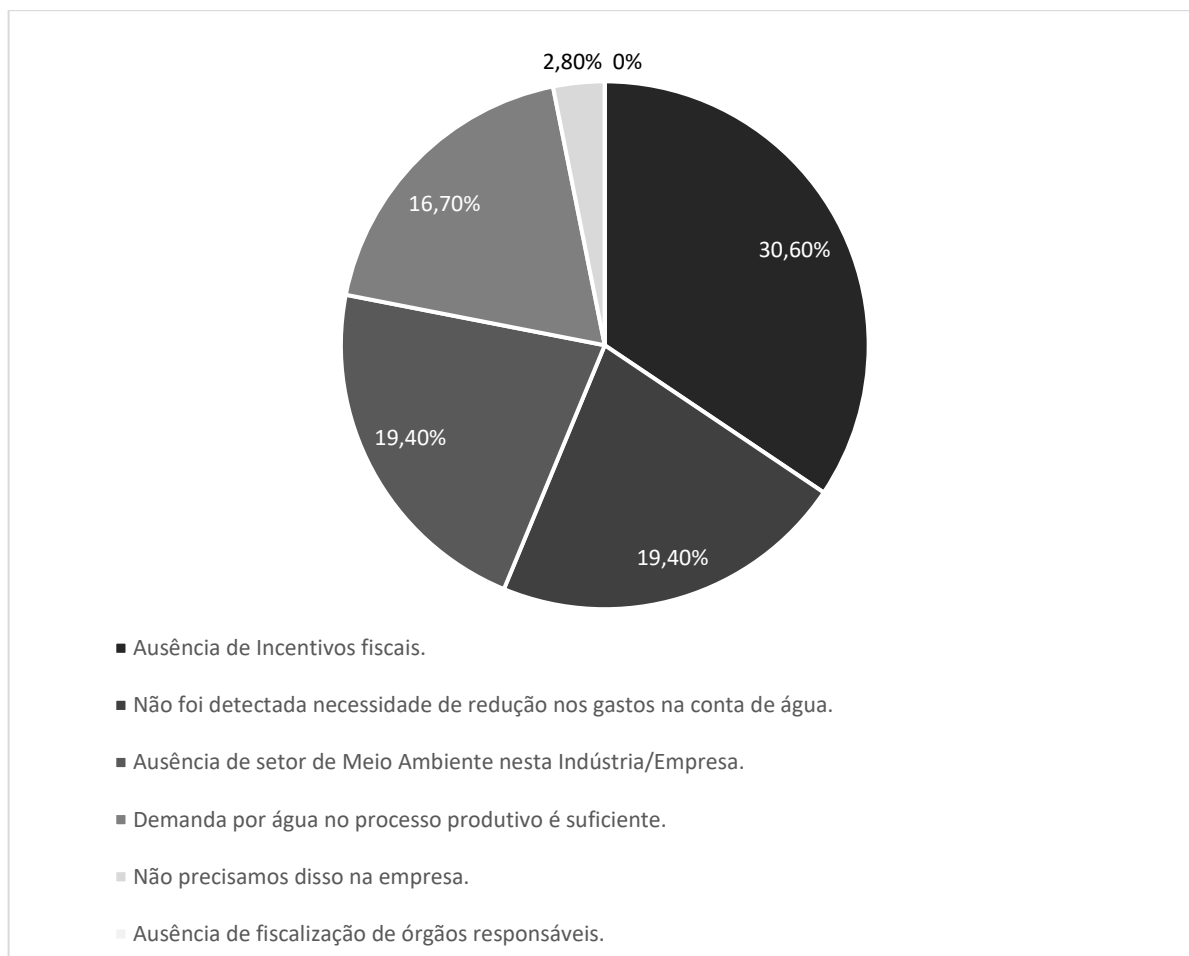


Gráfico 6- Percepção sobre possíveis razões impeditivas para a implantação do reúso, segundo indústrias e empresas

Fonte: A autora, 2025.

Assim, dentre as respostas obtidas, 30,6% dos participantes da pesquisa afirmaram que a ausência de incentivos fiscais pode comprometer a implantação dos reúso de água no setor industrial, 19,4% dos pesquisados apontaram a ausência de setor de meio ambiente no empreendimento como fator limitador para a expansão do reúso de água. Adicionalmente, 19,4% das indústrias participantes afirmaram não observar a necessidade redução de economia de água potável em seu processo produtivo e 16,7% dos participantes informaram satisfação com relação à água utilizada em seu processo produtivo.

CONCLUSÃO

Com relação à viabilidade de implantação de reúso de águas residuárias nos Municípios completamente inseridos na Bacia Hidrográfica do Guandu, verificou-se como principais finalidades, o consumo humano e o setor industrial. Dos 573,79 m³/h de vazão outorgada para usuários de lançamento, a possibilidade de atendimento dos 563,29 m³/h de usuários declarados

com outorga para captação, com vazão excedente de 10,50 m³/h – demonstrando assim, a viabilidade de reaproveitamento de água.

Como estratégia para o incremento da gestão de água nesta bacia hidrográfica, incluiu-se no estudo a estimativas de vazão de estações de tratamento de esgotos presentes na Região Hidrográfica do Guandu, alcançando-se como estimativas o volume excedente de 678, 01 m³/h, corroborando assim a alta viabilidade quantitativa para a implantação de sistemas de reúso de água nesta região, impactando na preservação e conservação da Bacia Hidrográfica do Guandu.

Dessa forma, observou-se viabilidade quantitativa para as estações de tratamento de efluentes com vazão de 690,70 m³/h e indústrias com vazão de 283,38 m³/h, excedendo em 58% o volume demandado pelas indústrias nas respectivas áreas de influências.

No tocando à utilização da percepção ambiental como ferramenta de gestão dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Guandu, o estudo apontou que 60% das estações de tratamento de águas residuárias participantes nesta pesquisa, afirmaram possuir pouco conhecimento a respeito do reúso de água, frente a 37,8% das indústrias para essa mesma questão.

Ainda sobre a percepção ambiental, a maioria dos participantes da pesquisa 75,6% acredita que a adoção de instrumentos econômicos se trata da maneira mais eficiente para a adoção do reúso de água nos municípios em questão, indicando em 51,5% das devolutivas, a necessidade de investimento em políticas públicas para o incremento no reúso de água, 34,4% afirmaram as legislações ambientais, e 37,2% demonstraram ausência de conhecimento sobre medidas para ampliação de reúso de água.

Com relação a percepção sobre possíveis razões impeditivas para a implantação do reúso de água nos seis municípios presentes na Bacia Hidrográfica do Guandu, 30,6% dos participantes da pesquisa afirmaram que a ausência de incentivos fiscais pode comprometer a implantação dos reúso de água no setor industrial, 19,4% dos pesquisados apontaram a ausência de setor de meio ambiente no empreendimento como fator limitador para a expansão do reúso de água.

Sendo assim, os resultados decorrentes da percepção ambiental indicam a necessidade de medidas educativas que visem o incremento no reúso de água e com a continuidade da pesquisa.

Conclui-se, portanto, que o diagnóstico socioespacial, composto pelo georreferenciamento e percepção ambiental, pode ser utilizado como modelo de gestão participativo dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Guandu e consequentemente para promoção da segurança hídrica da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, sob a ótica da economia circular e da sustentabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. ODS 6 no brasil: visão da ana sobre os indicadores. 2 ed. Brasília: ANA, 2022, 112 p.
- ALMEIDA, R.; SCATENA, L.M.; LUZ, M.S. Percepção ambiental e políticas públicas – dicotomia e desafios no desenvolvimento da cultura de sustentabilidade. *Ambiente & Sociedade*, v. 20. n.1, 2017, p. 43-64.
- CASTRO, C.N. *Água, Problemas Complexo e o Plano Nacional de Segurança Hídrica*. 1 ed. Rio de Janeiro: IPEA, 2022, 281 p.
- GUANDU, C. *Relatório Executivo do Plano Estratégico de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas do rio Guandu, da Guarda e Guandu Mirim*. Rio de Janeiro: COMITÊ GUANDU, 2018, 80 p.
- COSTA, M.A.M.; IORIS, R.A. *Até a última gota: complexidade hidrossocial e ecologia política da água na Baixada Fluminense (RJ)*. Brasília : IPEA, 2015, p. 109-128.
- FARIA, A. A.; OBRACZKA, M.; JUNIOR, L.C.S.S.; MURICY, B.; OLIVEIRA, K.; MONTEIRO, A.C. Avaliação do potencial de reúso de água para indústrias na região metropolitana do rio de janeiro. *Revista Internacional de Ciências*. v.II. n. 2, 2021, p. 276-295.
- FILHO, U.A.S.; LOPES, R.L.; JUNIO, C.A.G.; ESTEVES, E.G.Z.; SESSO, P.P. Produto interno bruto e pegada hídrica do agronegócio: comparativo entre países. *Revista de Economia e Sociologia Rural*. v. 62. n. 4, 2024, p. 1-20.
- GEISSDOERF, M.; SAVAGET, P.; BOCKEN, N.M.P.; HULTINK, E.J. The circular economy e a new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Productio*. v. 143, 2017, p. 757-768.
- GUANDU, B. *Índice de Saúde da Água*. Rio de Janeiro: Conservação Internacional para Água Doce, 2019, 45 p.
- INEA. Outorgas de Direito de Uso dos Recursos Hídricos. Rio de Janeiro: INEA, 2023.
- KRAMER, I.; TSAIR, Y.; ROTH, M.B.; TAL, AL.; MAU, Y. Effects of population growth on Israel's demand for desalinated water. *Clean Water*. v. 5. n. 65, 2022, p. 1-7.
- LIRA, C.B.M.; THOMAZ, F.R.; MIGUEZ, M. *et al*. Proposta de solução integrada para as indústrias do baixo-guandu em situações de escassez hídrica. In: *XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Foz do Iguaçu, 2017, p. 1-10.
- LOPES, W.S.; NERY, G.K.M.; MAGALHÃES, A.G.; MELLO, A.C.P. Oficina de reúso de efluentes como ferramenta de sensibilização ambiental com agricultores no semiárido. *Revista Brasileira de Educação Ambiental*. v. 16. n. 3, 2021, p. 224-236.
- LOURENÇO, T.; PRADO, R. Índice de saneamento ambiental em regiões hidrográficas do estado do rio de janeiro. *Revista de Gestão de Água da América Latina*. v. 16, n. 7, 2019, p. 1-13.
- FILHO, F.C.M.M.; RODRIGUES, A.L. Avaliação do saneamento ambiental por meio da proposição e aplicação de índices de percepção e satisfação populacional. *Holos Environment*. v. 17, n. 1, 2017, p. 122-137.
- MOTA, S. Reúso de águas no brasil: situação atual e perspectivas. *Revista Aidis*. v. 15, n. 2, 2022, p. 666-684.
- OLIVEIRA, L.; NEIMAN, Z. Educação ambiental no âmbito escolar: análise do processo de elaboração e aprovação da base nacional comum curricular (bncc). *Revista Brasileira de Educação Ambiental*. v. 15, n. 3, 2020, p. 36-52.
- PAULA, I.X.; FORMIGA-JOHNSSON, R.M. Segurança hídrica para abastecimento urbano perante condições ambientais e qualidade da água do manancial: o caso da eta guandu, rmrj. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. v. 28, n. 20220275, 2023, p. 1-14.
- FILHO, N.R. R. *A gestão participativa no comitê de bacias hidrográficas do guandu*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Direito, 2017, 109 p.



Análise Socioespacial sobre o Potencial de Implantação do Reúso de Água na Bacia Hidrográfica do Guandu/RJ

RESOLUÇÃO CERHI-RJ. *Definição das regiões hidrográficas do estado do rio de Janeiro.* Rio de Janeiro. Resolução Estadual nº 107 de 22 de maio de 2013.

WEETMAN, C. *Economia circular: conceitos e estratégias para fazer negócios de forma mais inteligente, sustentável e lucrativa.* São Paulo: Autêntica Business, 2019, 265 p.