

686 - POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO NO SETOR INDUSTRIAL DE MUNICÍPIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO GUANDU/RJ

Carolina Dias Lelachê⁽¹⁾

Engenheira Ambiental (UNIVERSO), mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental (UERJ-ZO). Atuou como consultora ambiental e foi professora universitária nos cursos de biologia e gestão ambiental nas seguintes instituições (UERJ-ZO) e (UNOPAR). Atualmente realiza doutorado em Engenharia Ambiental (UERJ), desenvolvendo pesquisa sobre reúso de água, gestão de recursos hídricos e políticas públicas.

Alena Torres Netto⁽¹⁾

Engenheira Agrônoma pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Mestre e doutora em Produção vegetal pela UENF. Especialista em Engenharia Ambiental e Sanitária pela UNESA. Professora adjunta do Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente da UERJ.

Rosane Cristina de Andrade⁽¹⁾

Engenheira Ambiental e Tecnóloga de laticínios pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Especialista em Gestão e Manejo Ambiental para Agroindústria pela Universidade Federal de Lavras. Especialista em Vigilância em Saúde Ambiental pela Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro. Mestre e Doutora em Engenharia Civil pela UFV. Professora adjunta do Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente da UERJ

Endereço⁽¹⁾: Rua São Francisco Xavier, 524, Maracanã, Rio de Janeiro – RJ – Cep 20550-900 - Brasil - Tel: +55 (21) 98860-6888 - e-mail: carolinalelacher@gmail.com

RESUMO

A Bacia Hidrográfica do rio Guandu, principal fonte de abastecimento de água da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, vem sofrendo intenso estresse hídrico em decorrência do crescimento populacional desordenado, das crises climáticas, da poluição e do incremento da produção industrial. Neste contexto, o reúso de águas surge como uma possível alternativa para o gerenciamento dos recursos hídricos, considerando a possibilidade de reutilização de águas servidas a depender dos usos específicos e de suas características físico-químicas e microbiológicas. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo realizar um diagnóstico socioeconômico/ambiental do potencial de aplicação do reúso de água em Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs) e em indústrias situadas nos municípios totalmente inseridos na Bacia Hidrográfica do Guandu: Japeri, Paracambi, Seropédica, Engenheiro Paulo de Frontin, Queimados e Itaguaí. Para tanto, foram mapeadas, com a utilização do Sistema QGIS, as ETEs com outorga para lançamento de efluentes e as indústrias com outorga para captação de água. A partir dos dados espaciais, analisou-se a viabilidade de atendimento da demanda hídrica industrial por meio da oferta de água de reúso proveniente das ETEs localizadas tanto na Região Hidrográfica II quanto totalmente inseridas na Bacia Hidrográfica do Guandu, considerando áreas de influência de 5 km, 10 km e 15 km. Os resultados indicaram que a vazão total de efluentes tratados produzidos na Bacia, somados ao volume produzido pelas ETEs localizadas na Região Hidrográfica II, alcança 1.241,302 m³/h. Esse volume é suficiente para atender quantitativamente a demanda industrial local, estimada em 563,2900 m³/h, resultando um excedente de 678,01200 m³/h. Dessa forma, os resultados indicam a viabilidade quantitativa do reúso de água na Bacia Hidrográfica do Rio Guandu para o setor industrial, 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, Reúso de água, Bacia do Guandu, Sensoriamento Remoto, Indústrias.

INTRODUÇÃO

O aumento da demanda por água potável no Brasil está diretamente relacionado ao aumento populacional, que, segundo projeções, deve atingir 232 milhões de pessoas até 2050 (CASTRO, 2022). Com isso, o mesmo autor, aproximadamente 23,2% da água disponível no Brasil é destinada ao abastecimento urbano. Complementarmente, dados da Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (ANA) apontam que, a demanda por água potável no país aumentou em 80% nos últimos 20 anos, com estimativas de aumentar mais 26% até 2030 (ANA, 2019).

O elevado consumo de água direcionado ao abastecimento humano associado à ineficiência ou até mesmo ausência do tratamento de esgotos, leva a poluição dos corpos hídricos, impactando negativamente os mananciais e impedindo a sua utilização direta em muitos municípios (FILHO *et. al*, 2024; KRAMER *et al.*, 2022).

Nesse contexto, a bacia hidrográfica do rio Guandu, situada no estado do Rio de Janeiro, destaca-se como um elemento de grande relevância, devido a sua importância estratégica para o abastecimento de água na região (COMITÊ GUANDU, 2018). Diversos autores como Reis Filho (2017) têm apontado que o abastecimento de água para a população da Região Metropolitana do Rio de Janeiro somente é viável atualmente devido à transposição do rio Paraíba do Sul para o rio Guandu, o que resultou em um aumento na sua vazão para 160 m³/s (COSTA; IORIS, 2015).

Diante desse cenário, o desenvolvimento de tecnologias e a elaboração de políticas públicas voltadas à preservação dos recursos hídricos são indispensáveis (LOPES, 2021). É fundamental, portanto, aprimorar o gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil, de forma a implementar estratégias e tecnologias visando a garantia da segurança hídrica para a população em todas as etapas do processo produtivo da água (PAULA; FORMIGA-JOHNSSON, 2023).

Práticas sustentáveis voltadas para a segurança hídrica perpassam por iniciativas que contemplem o reaproveitamento ou reúso de água, o consumo consciente, a adoção da economia circular, a aplicação de tecnologias de saneamento, a economia e redução do desperdício de água, a promoção da Educação Ambiental, bem como, medidas de controle e/ou monitoramento dos corpos hídricos e o cumprimento de padrões de qualidade (ALMEIDA *et al.*, 2017; LIRA, THOMAZ, MIGUEZ, 2019; FARIA *et al.*, 2021).

Entre essas estratégias, o reúso de água destaca-se pelo seu elevado potencial em reduzir a carga de poluentes lançadas nos corpos hídricos, promovendo uma gestão mais eficiente dos recursos. Além disso, fortalece a segurança hídrica, impulsiona a sustentabilidade e melhora o bem-estar social, ao aumentar a disponibilidade de água potável (MOTA, 2022).

OBJETIVOS

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

METODOLOGIA UTILIZADA

O estudo foi dividido em três etapas: Diagnóstico socioeconômico, Viabilidade socioeconômica e Análise da Viabilidade Espacial, apresentadas abaixo:

Caracterização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Guandu possui uma extensão territorial de 1.446 m² e é composta pelos rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim. A 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).

Para delimitação da água de estudo, foram considerados os municípios completamente inseridos na Bacia Hidrográfica do Guandu segundo a Resolução Estadual CERHI-RJ nº 107 de 22 de maio de 2013. São eles: Japeri, Paracambi, Seropédica, Engenheiro Paulo de Frontin, Queimados e Itaguaí;

Diagnóstico socioeconômico

Foi realizado o levantamento de dados referentes à população, produção industrial, renda, meio ambiente, saneamento, outorgas para lançamento, outorgas para captação e reúso de água; dos municípios de Japeri, Paracambi, Seropédica, Engenheiro Paulo de Frontin, Queimados e Itaguaí.

Viabilidade socioeconômica

Nesta etapa, foi traçado um panorama sobre dados socioeconômicos dos municípios selecionados analisando-se os dados relativos à demanda por água e as oportunidades de aplicação do reúso de água.

Análise da Viabilidade Espacial

Foi realizado o mapeamento das estações de tratamento de efluentes (ETEs) e das indústrias presentes nos municípios de Japeri, Paracambi, Seropédica, Engenheiro Paulo de Frontin, Queimados e Itaguaí. Essa etapa foi conduzida por meio de sensoriamento remoto via Sistema QGIS - Sistema de Referência Geodésico Sirgas 2000, a partir de dados de usuários com outorga para lançamento de efluentes e para captação de água.

A partir do mapeamento determinou-se nos municípios estudados: (i) quantidade e o volume gerado de efluentes pelas ETE's; (ii) a quantidade e o volume demandado de água pelas indústrias; (iii) a localização das ETE's em um raio de 5 km, 10 km e 15 km das indústrias e (iv) as outorgas concedidas com maiores vazões declaradas das indústrias e estações de tratamento de efluentes. Assim, foram calculadas as estimativas acerca do percentual de oferta/demanda presentes e determinando-se a possibilidade de aplicação do reúso de água para sanar as necessidades verificadas em cada município.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No levantamento socioeconômico da área de estudo, identificaram-se, ao todo, 20 outorgas de lançamento de efluentes vigentes nos municípios completamente inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Guandu. A distribuição foi a seguinte: Itaguaí (4 outorgas), Japeri (4), Paracambi (2), Queimados (5) e Seropédica (5). As finalidades dessas outorgas contemplam atividades industriais, abastecimento para consumo humano e outras categorias (INEA, 2023).

Quanto às outorgas de captação de água, foram emitidas um total de 117 outorgas, sendo destas, 40 outorgas para Itaguaí, 6 para Japeri, 6 para Paracambi, 27 para Queimados, 36 para Seropédica e 2 Engenheiro Paulo de Frontin; tendo como finalidades indústrias, consumo humano e outras (INEA, 2023).

Essas outorgas foram posteriormente georreferenciadas e mapeadas, conforme apresentado na **Figura 1**, que ilustra a distribuição espacial das autorizações de lançamento de efluentes e de captação de água nos municípios totalmente inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Guandu.



Em relação aos dados referentes às outorgas emitidas para captação de água, observou-se que 88,5% das outorgas foram concedidas para captação de águas subterrâneas, enquanto 11,5% se referem a captação de águas superficiais. Além disso, verificou-se que 86,5% dessas outorgas de captação destinam-se ao setor industrial, 10,0% das outorgas para as outras finalidades e 3,5% para o consumo humano (INEA, 2023).

Quadro 1 -Vazão de outorga de captação de água e de lançamento de efluentes por município estudado.

Município	Vazão Outorgada para Lançamento (m³/h)	Vazão Outorgada para Captação (m³/h)	Viabilidade Quantitativa
Itaguaí	344,4000	218,3900	SIM
Seropédica	153,0000	217,0400	NÃO
Queimados	33,5300	88,7700	NÃO
Japeri	20,7000	26,1300	NÃO
Paracambi	22,7000	7,4600	SIM
Engenheiro Paulo de Frontin	0	5,500	NÃO
Total	573,7900	563,2900	

Assim, correlacionando os dados de oferta (outorgas de usuários de lançamento) e demanda (outorgas de usuários de captação), verifica-se um volume excedente de atendimento equivalente a 10,500 m³/h, corroborando a viabilidade quantitativa para o reaproveitamento de efluentes tratados (reúso) nos seis municípios analisados.

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 667,512 m³/h (Figura 2).

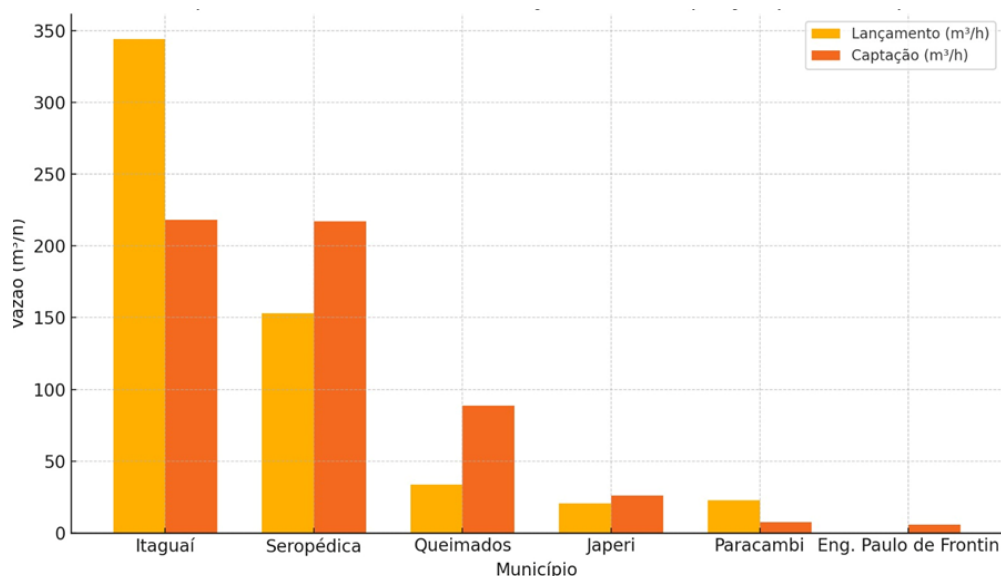


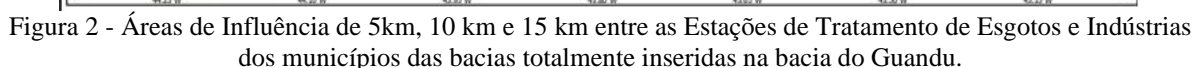
Figura 2 – Comparativo entre as vazões de lançamento e captação pelos municípios que ficam inteiros na bacia hidrográfica do rio Guandu.

Ao somar a vazão total das outorgas de lançamento dos municípios totalmente inseridos na Bacia Hidrográfica do Guandu (573,79 m³/h) com a vazão proveniente das ETEs da Região Hidrográfica II (667,5 m³/h), obtém-se um volume total de aproximadamente 1.241,3 m³/h de efluentes tratados com potencial para reúso.

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, por meio do uso do software QGIS, realizou-se o mapeamento das áreas de influências de usuários de 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.

A análise das áreas de influência delimitadas permitiu identificar a distribuição espacial das outorgas de lançamento e captação em diferentes faixas de distância. Para a área de influência de 5 km, foram registradas 12 outorgas de lançamento e 24 outorgas de captação. Na faixa de 10 km, identificaram-se 3 outorgas de lançamento e 15 outorgas de captação. Já na área de influência de 15 km, foram contabilizadas 6 outorgas de lançamento e 10 outorgas de captação.

Esses dados demonstram uma maior concentração de usuários com outorga para captação em áreas mais próximas às Estações de Tratamento de Efluentes, sugerindo potencial para o aproveitamento local de efluentes tratados. A Figura 2 ilustra a distribuição dessas outorgas de acordo com os respectivos raios de influência.



Quanto à origem dos recursos captados, observou-se que 20,4% das outorgas concedidas referem-se à captação em corpos subterrâneos, ao passo que a maior parte, 79,6%, corresponde à captação em águas superficiais. Dentre os principais corpos hídricos utilizados para essa finalidade, destacam-se os rios da Guarda, Piloto, Valão dos Bois, Valão de Areia, Guandu e Sarapuí, especialmente nas áreas de influência delimitadas para este estudo.

Por outro lado, em relação às outorgas de captação, verifica-se que o município de Itaguaí lidera na área de influência de 5 km, com 76,8% das outorgas emitidas. Já para as áreas de influência de 10 km e 15 km, Seropédica volta a se destacar, concentrando 92,8% e 64,0% das outorgas de captação, respectivamente. Esse padrão revela uma distribuição espacial desigual no uso dos recursos hídricos, refletindo características específicas da ocupação territorial, das atividades econômicas e da infraestrutura hídrica de cada município analisado (Figura 3).

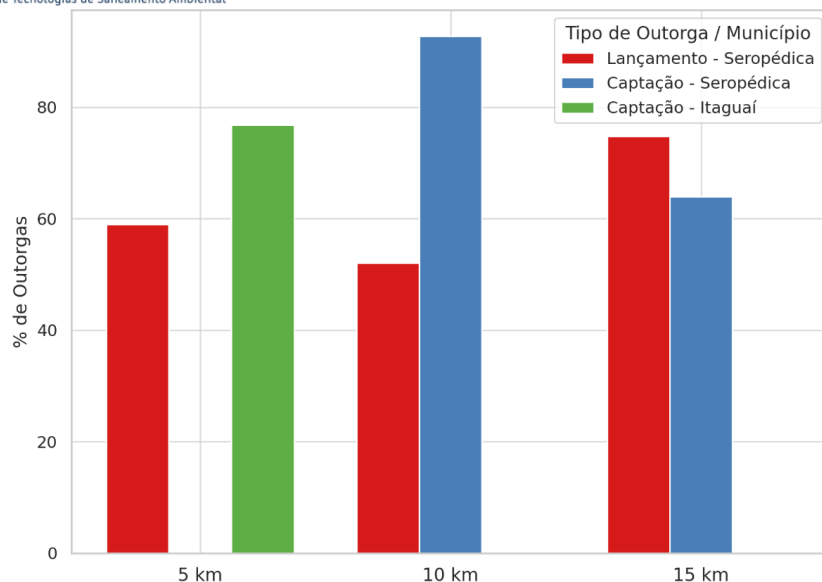


Figura 3 – Distribuição das outorgas por municípios e por área de influência

Portanto, ao se realizar uma análise comparativa dos dados referentes às vazões ofertadas e demandadas em cada município, observa-se, nas diferentes áreas de influência (5km, 10km e 15km), a relação entre as outorgas de lançamento (oferta) e de captação (demanda), o que permite avaliar a viabilidade quantitativa para o funcionamento das estações de tratamento de efluentes e indústrias ali localizadas. Considerando a relevância da Bacia Hidrográfica do Guandu para a Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, é fundamental compreender o comportamento dos diferentes usuários desse corpo hídrico (PAULA e FORMIGA-JOHNSSON, 2023).

De acordo com Menezes Filho e Rodrigues (2017), a implementação de programas de educação ambiental pode fomentar o reúso de água em escolas, comunidades e empresas. Tais práticas resultam em benefícios concretos como a criação de jardins irrigados com água de reúso, e o desenvolvimento de projetos de permacultura, contribuindo para a conscientização ambiental e o engajamento da sociedade (OLIVEIRA e NEIMAN, 2020).

Nesse contexto, a economia circular surge como uma abordagem estratégica para a gestão sustentável dos recursos hídricos. Ao respeitar a capacidade de suporte dos ecossistemas, a biocapacidade da natureza, essa abordagem propõe a ampliação do ciclo de vida dos produtos e a valorização da cadeia de processos (WEETMAN, 2019).

Entre as contribuições da economia circular, Geissdoerfer et al. (2017) destacam a construção de um novo modelo de produção, baseado em fluxos energéticos e ciclos de matéria mais eficientes, com foco na minimização de resíduos por meio da reutilização, reparação, reciclagem e renovação. Sendo assim, o desenvolvimento de um meio ambiente adequado e seguro, deve ser garantido pelos representantes do poder público, por meio da identificação e implementação de medidas voltadas ao saneamento, em diálogo com as demandas da sociedade (LOURENÇO e PRADO, 2019).

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A análise integrada das outorgas de captação e lançamento nos seis municípios totalmente inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Guandu evidencia um cenário favorável à implementação do reúso de efluentes tratados no setor industrial. A predominância de outorgas destinadas à captação de águas superficiais, aliada à significativa geração de efluentes por meio das Estações de Tratamento (ETEs), especialmente nas regiões próximas, demonstra o potencial quantitativo disponível para abastecer atividades industriais com água de reúso. Os resultados apontam para a existência de um excedente significativo na geração de efluentes, o que evidencia o potencial para seu reaproveitamento em processos industriais. Tal iniciativa poderia reduzir a pressão sobre as fontes de água doce, aumentar a disponibilidade hídrica para o abastecimento humano e contribuir para a conservação ambiental. Além disso, o redirecionamento desses efluentes tratados minimizaria

os impactos negativos associados ao lançamento inadequado nos corpos hídricos, promovendo uma gestão mais eficiente, sustentável e integrada dos recursos hídricos.

Nesse sentido, a adoção de estratégias baseadas nos princípios da economia circular e da sustentabilidade, aliada a políticas públicas e instrumentos de governança ambiental, mostra-se fundamental para assegurar o uso racional da água, o equilíbrio dos ecossistemas e a resiliência hídrica na região.

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.11. 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.

Simpósio - 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-JOHNSON, 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.

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.