

A NECESSIDADE DO SANEAMENTO SUSTENTÁVEL E INTEGRADO PARA O ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Adacto Benedicto Ottoni
Prof. Associado Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente da UERJ

Resumo: O saneamento básico é formado pelos sistemas de abastecimento de água, sistemas de esgotos sanitários, gestão de resíduos sólidos e drenagem. Como o próprio nome diz, ele é básico, e tem de estar garantido para a população. No Estado do Rio de Janeiro ele é deficiente sob vários aspectos. O presente artigo visa apresentar a problemática, abordando, dentro do conceito das soluções sustentáveis e integradas para o saneamento, o tema da crise hídrica (enchentes e secas), solução para a melhoria emergencial do manancial do rio Guandu (que abastece toda a Região Metropolitana do Rio de Janeiro), e a urgência na gestão sustentável e integrada para o saneamento. O trabalho apresenta conceitos de soluções e recomendações a serem agregadas nas políticas públicas do Estado do Rio de Janeiro levando em conta o reaproveitamento dos resíduos e intervenções integradas de saneamento, visando à preservação dos ecossistemas naturais e à saúde da população fluminense.

Palavras-chave: Saneamento Básico; Sustentabilidade Ambiental; Políticas Públicas; Saúde da População Fluminense.

Abstract: *Sanitation comprises water supply systems, sanitary sewage systems, solid waste management and drainage. It is essential to guarantee the welfare of people. In Rio de Janeiro State, sanitation works are deficient in several aspects. This article aims to present the problem, presenting solutions according to the concept of environmental sustainability and integrated solutions for sanitation. It was briefly related water crisis (floods and droughts), a solution for the emergency improvement of the source of the Guandu River (which supplies the entire Metropolitan Region of Rio de Janeiro), and the urgency of sustainable and integrated management for sanitation. The work presents concepts of solutions and recommendations to be aggregated in the public policies of Rio de Janeiro State, considering the reuse of waste and integrated sanitation interventions, aiming at the preservation of natural ecosystems and the health of the Fluminense population.*

Keywords: *Sanitation; Environmental Sustainability; Public Policies; Fluminense Population Health.*

1. INTRODUÇÃO

As intervenções de saneamento básico em uma sociedade são compostas pelos Sistemas de Abastecimento de Água, Sistemas de Esgotos Sanitários, Gestão dos Resíduos Sólidos e pela Drenagem Urbana (FUNASA, 2019). Como o próprio nome diz, ele é básico, e deve estar adequadamente implantado dentro das comunidades humanas, visando garantir a saúde da população. No Estado do Rio de Janeiro, o saneamento básico possui deficiências. No caso do abastecimento de água, ocorreram em 2020 e 2021, por exemplo, vários eventos de não conformidades na água potável distribuída para a população, como foi no caso da presença de geosmina e II-MIB na Lagoa do Guandu (BACHA et. al., 2022), decorrentes principalmente da poluição por esgotos sanitários, que geraram um gosto desagradável nas águas de abastecimento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ). A deficiência no saneamento dos esgotos sanitários fica latente na poluição de diversos corpos hídricos importantes do Estado do Rio de Janeiro (INEA, 2022), como as Baías de Guanabara e de Sepetiba, as lagoas costeiras da Barra da Tijuca e Jacarepaguá, de Piratininga e Itaipu, e de Maricá, bem como da maioria dos rios urbanos do Estado. A gestão dos resíduos sólidos no Rio de Janeiro e no Brasil também está longe de ser sustentável, onde a maior parte desses resíduos é descartada em aterros de lixo, que muitas vezes são lixões ao invés de aterros sanitários (ALTINO, 2022), poluindo o solo, a água e o ar, deixando-se de aproveitar o grande potencial de reciclagem desses resíduos, não só dos materiais recicláveis (resíduos secos) (ABRELPE, 2021), mas também dos restos de comida como composto orgânico (BERNAT et. al., 2022; KUNSZABÓ et. al., 2022) na recuperação de áreas degradadas, para baratear o reflorestamento e outros usos. Quanto à drenagem, existem problemas em várias partes do Estado, devido ao aumento do desmatamento e da impermeabilização e erosão do solo, que geram a ampliação do escoamento superficial de encostas nos períodos de chuvas intensas, e a degradação da bacia provoca o carreamento de sedimentos, lodo de esgotos e lixo para os sistemas de micro e macro drenagem, assoreando-os, e agravando a magnitude das inundações, que são mais frequentes durante o verão, devido às chuvas intensas (MIGUEZ et. al.; OKUMURA et. al., 2021).

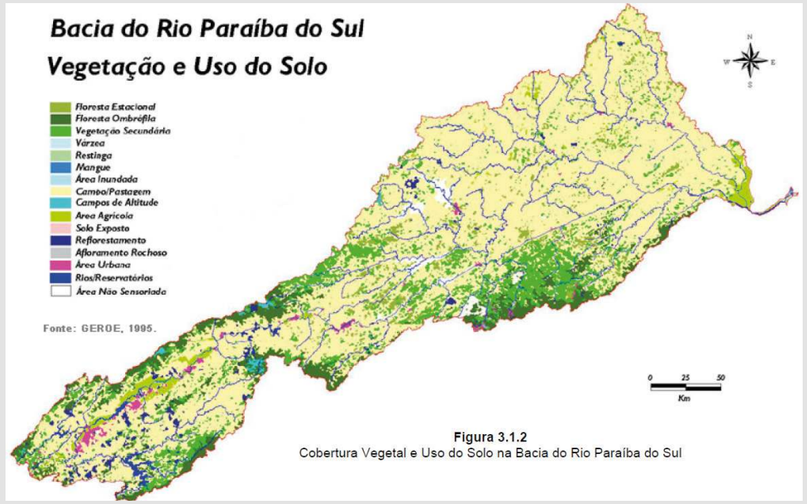
Desta forma, as deficiências no saneamento básico em várias cidades do Estado do Rio Janeiro agravam os problemas de saúde pública, que ficaram latentes durante a pandemia da Covid-19, quando ocorreram problemas no abastecimento de água potável em favelas urbanas, o que avultou os números de casos graves e mortes pela doença (EVANGELISTA, 2020). A poluição dos corpos hídricos naturais, como rios, lagoas, baías e praias, por esgotos brutos, encarece o tratamento da água dos mananciais hídricos (em que as concessionárias de saneamento precisam usar mais química na água tratada para o abastecimento da população, o que também é pior para a saúde), além de poder contaminar o pescado que vai ser consumido pelas pessoas, bem como gerar riscos de doenças de veiculação hídrica e também o assoreamento e a poluição dos corpos hídricos receptores desses esgotos (FUNASA, 2014; NEBEL; WRIGHT, 2000; OKUMURA et. al. 2021). Analogamente, os resíduos sólidos urbanos, além de poluírem os corpos hídricos naturais, também podem assorear e entupir os sistemas de micro e macro drenagem urbanos. Sendo assim, o aumento da degradação das bacias hidrográficas dos rios fluminenses acarreta riscos ao abastecimento de água nos períodos de estiagem do ano hidrológico (devido ao desmatamento) e, muitas vezes, nessas mesmas regiões, propicia um aumento na magnitude das enchentes fluviais nos períodos chuvosos do ano hidrológico (pelo incremento da impermeabilização do solo), agravado pelo crescimento da poluição de origem pontual e difusa dos rios (MIGUEZ et. al., 2016; OTTONI, 1996; OTTONI; OTTONI, 2022). A solução para todos esses problemas passa por um modelo de gestão com sustentabilidade ambiental (NAVARRETE et. al., 2020; NEBEL; WRIGHT, 2000) das bacias hidrográficas fluminenses, com soluções integradas para o saneamento, e que levem em conta o tripé básico das viabilidades ecológica, econômica e social na definição das políticas públicas e soluções técnicas de engenharia para a recuperação ambiental das bacias hidrográficas urbanas e rurais do Estado do Rio de Janeiro, a partir de soluções de saneamento sustentáveis e integradas.

2. SOLUÇÕES COM SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL PARA A CRISE HÍDRICA

Um dos aspectos mais relevantes que contribuem para crise hídrica é a degradação das bacias hidrográficas, especialmente com ações de desmatamento e poluição hídrica (LÓPEZ, 2022; NEBEL; WRIGHT, 2000; OTTONI, 1996; OUYANG et. al., 2013). Independentemente do problema global das mudanças climáticas, o aumento da impermeabilização e da erosão do solo agravam as inundações no período chuvoso do ano hidrológico pelo aumento do escoamento hídrico superficial de encosta e pelo assoreamento dos corpos hídricos naturais (rios, lagos e reservatórios artificialmente formados). Em condições opostas, como há uma redução brusca da infiltração das águas de chuva no solo na bacia hidrográfica, não há a devida recarga dos aquíferos subterrâneos, gerando mais escassez hídrica no período de estiagem do ano hidrológico (OTTONI, 1996; SILVA, 2015). Portanto, o problema da crise hídrica na Região Sudeste do Brasil não é necessariamente por falta de chuvas (FUNDAÇÃO COPPETEC, 2006; MARENGO; ALVES, 2005), mas é muito influenciada pela degradação ambiental das bacias hidrográficas (PAIVA et. al., 2020). Especificamente na situação do rio Paraíba do Sul, que é o principal manancial hídrico do Estado do Rio de Janeiro, a sua bacia hidrográfica vem sofrendo elevada antropização (PAIVA et. al., 2020), suscitando poluição fluvial de origem pontual e difusa, bem como pelo alto grau de desmatamento. Na Figura 1 está mostrado o mapa de uso e ocupação do solo de sua bacia hidrográfica (FUNDAÇÃO COPPETEC, 2006), em que pode ser constatado o elevado grau de desmatamento, caracterizado em grande parte por pastagens abandonadas e com a ocorrência de erosão do solo.

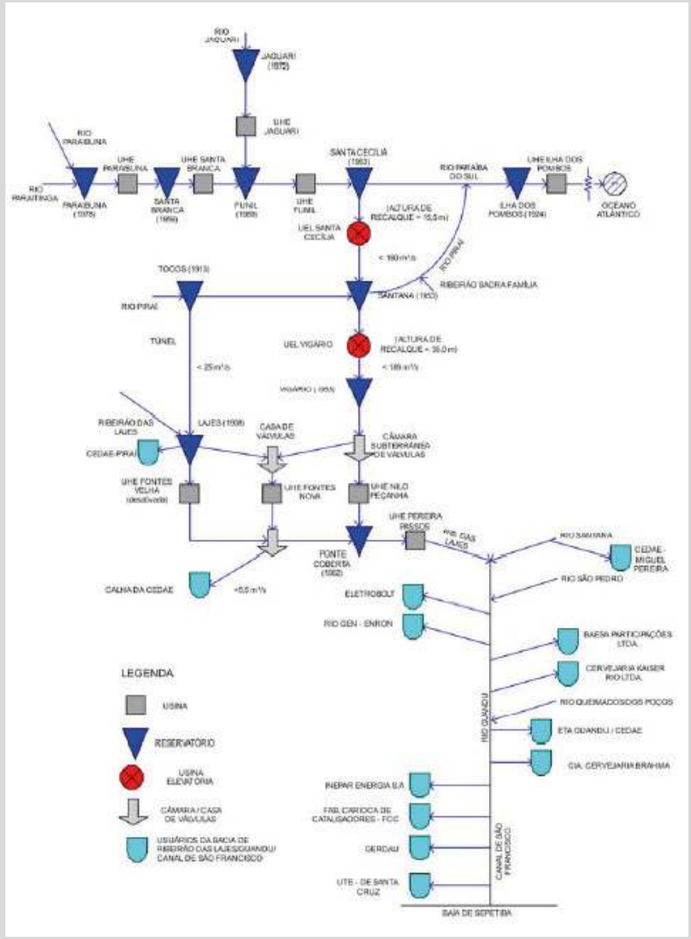
Considerando também que ao longo do rio existem várias barragens de usinas hidrelétricas e para outros usos (como abastecimento de água e irrigação), esse consumo de água para usos múltiplos fica mais em risco de colapso, especialmente no final do período de estiagem do ano hidrológico (próximo do mês de setembro de todos os anos) e, durante as chuvas intensas de verão (especialmente nos meses de dezembro a fevereiro), aumentam os riscos de eventos críticos de inundações com calamidades públicas, devido à maior impermeabilização do solo, e do assoreamento do rio e seus afluentes pelos sedimentos decorrentes da erosão do solo e pela poluição generalizada na bacia (OTTONI, 1996; PAIVA et. al., 2020). Na Figura 2 está mostrado um diagrama unifilar com a localização das barragens de usinas hidrelétricas e outras na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul.

Imagem 1 – Mapa de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul



Fonte: FUNDAÇÃO COPPETEC, 2006.

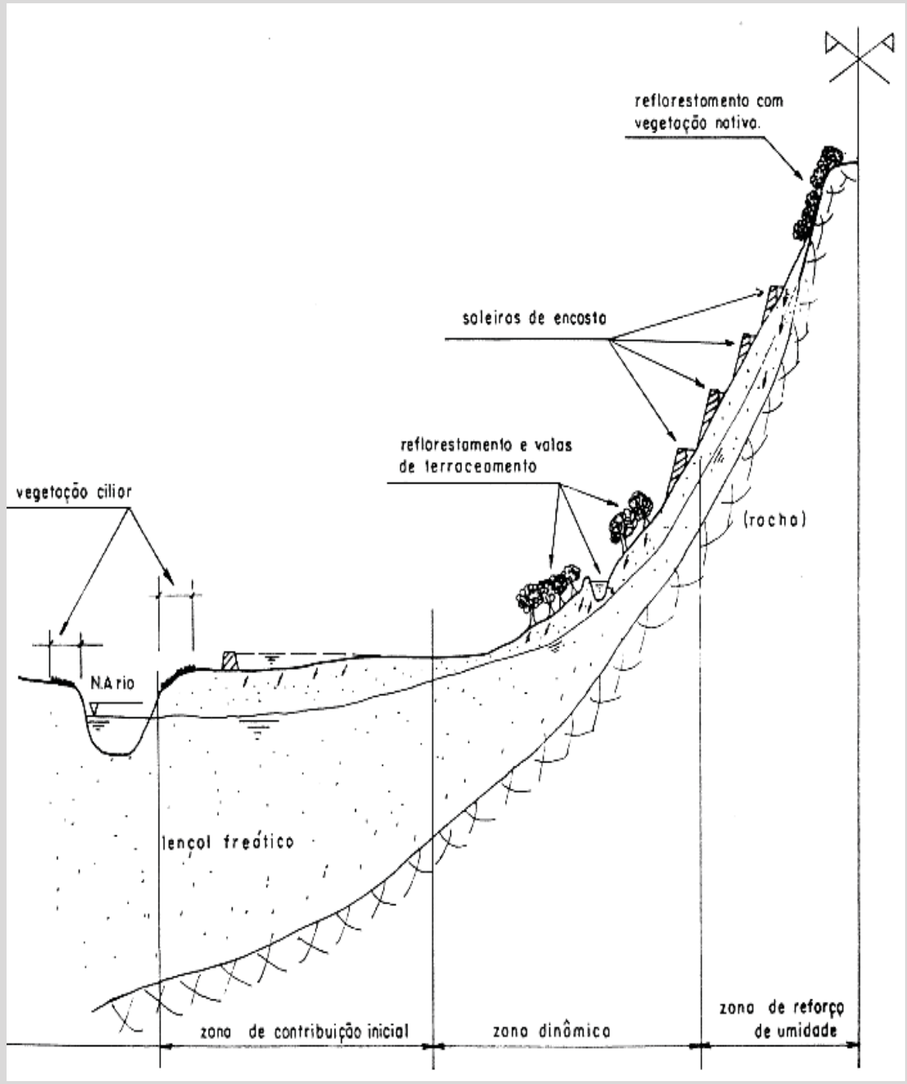
Imagem 2 – Diagrama unifilar do sistema de barragens das usinas hidrelétricas e outras na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul



Fonte: FUNDAÇÃO COPPETEC, 2006.

A priorização nas soluções para combater a crise hídrica e da hidroenergia passa pelos investimentos na recuperação ambiental das bacias hidrográficas dos mananciais hídricos (FERREIRA; FERNANDES, 2022; OTTONI, 1996). Na Figura 3 está evidenciada, de forma esquemática, a localização dessas intervenções de recuperação ambiental da bacia hidrográfica, com sustentabilidade ambiental, visando à regularização do regime hídrico fluvial e à recuperação ecológica do ecossistema natural da bacia hidrográfica.

Imagem 3 – Representação esquemática de intervenções de recuperação ambiental de uma bacia hitdrográfica



Fonte: OTTONI, 1996.

As atuações de recuperação ambiental devem priorizar os investimentos para o reflorestamento das Áreas de Preservação Permanente (APPs), que incluem as faixas marginais de proteção dos rios e as áreas das encostas com inclinação superior a 45 graus (BACHA et. al., 2022; MOUSAVIJAD et. al., 2022; OUYANG et. al., 2013; ZEMA et. al., 2021). Essas ações devem ser complementadas com a implantação de obras artificiais de recarga da água, que incluem as valas de infiltração, bacias de recarga e intervenções similares, que tendem a infiltrar a água de chuva e a controlar a erosão do solo (ANAND et. al., 2021; COSTA et. al., 2019; RANI et. al., 2022; SALAMEH et. al., 2019).

Políticas públicas com sustentabilidade ambiental para controlar a poluição pontual e difusa do rio Paraíba do Sul também devem ser priorizadas, a partir da melhoria do licenciamento e fiscalização ambientais dos empreendimentos potencialmente impactantes na bacia hidrográfica, bem como de um monitoramento eficiente hidrométrico e de qualidade da água do rio e seus afluentes, e por georreferenciamento do uso e ocupação do solo (OTTONI, 1996; OTTONI; OTTONI, 2022). Portanto, a partir de um manejo hídrico adequado e um programa de gestão ambiental eficiente, ocorrerá a melhoria da recarga da água subterrânea durante as chuvas, reduzindo-se as inundações (como acontece anualmente no Norte e Noroeste Fluminense nos rios Pomba e Muriaé – afluentes do rio Paraíba do Sul - e no Baixo Paraíba, que são bacias bastante degradadas e impermeabilizadas), e, com esse incremento de recarga hídrica subterrânea, no mesmo ano, durante o período de estiagem, haverá mais água e de melhor qualidade nos mananciais hídricos, como o rio Paraíba do Sul, garantindo também mais água nos reservatórios das barragens para o abastecimento de água e geração de energia hidrelétrica, proporcionando segurança hidroenergética para a população fluminense. Foi exatamente isto o que foi feito pela Prefeitura de Nova Iorque (GROLLEAU; MCCANN, 2012; HANLON, 2017) para recuperar a qualidade e a quantidade de água do rio Hudson, o seu principal manancial hídrico para o abastecimento da população da cidade, em que se implantou o Projeto "Produtores de Água", controlando a poluição, reflorestando e aumentando a recarga das águas de chuva a montante da captação de água fluvial, o que regularizou a vazão do rio (reduzindo as inundações nos períodos chuvosos e garantindo mais água nos períodos de estiagem do ano hidrológico), o que gerou economia no tratamento da água e melhoria das condições de saúde da população pela melhoria das condições da água do rio Hudson. Portanto, as soluções com sustentabilidade ambiental para a recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais hídricos do Estado do Rio de Janeiro, com a do rio Paraíba do Sul, devem passar obrigatoriamente pelo tripé básico da sustentabilidade ambiental, que inclui as viabilidades ecológica, econômica o social (NAVARRETE et. al., 2020; NEBEL; WRIGHT, 2000), ou seja, protegendo os ecossistemas naturais, com soluções viáveis economicamente, e que beneficiem a população na melhoria da saúde, geração de renda e ampliação das áreas de lazer e apreciação da natureza.

3. SOLUÇÃO PARA A MELHORIA EMERGENCIAL DO MANANCIAL DO RIO GUANDU

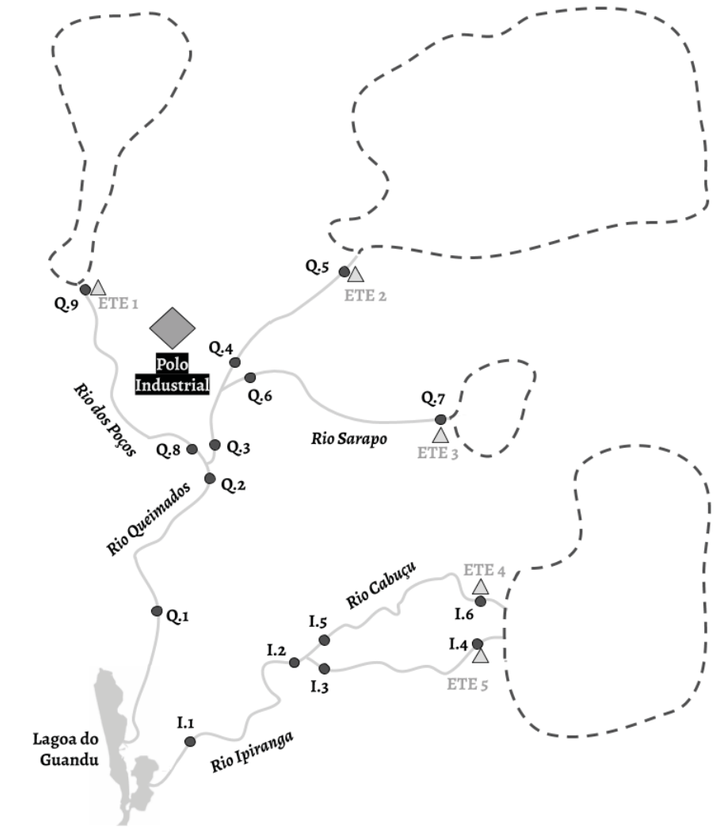
Nos anos de 2020 e 2021 ocorreu a crise hídrica da geosmina nas águas brutas captadas pela CEDAE no rio Guandu, em que a água tratada e distribuída pela Estação de Tratamento de Água (ETA) do Guandu para a população tinha gosto e odor desagradáveis, gerados pela presença de geosmina e II-MIB nas águas efluentes da Lagoa do Guandu, logo a montante da captação hídrica da CEDAE (BACHA et. al., 2022).

Esse problema ocorrido em 2020 e 2021 nos mostra, na realidade, a ponta de um iceberg de um problema maior, que é a poluição dos mananciais hídricos, ou seja, a consequência de um processo contínuo de negligência do saneamento básico na bacia hidrográfica drenante dos rios Queimados e Ipiranga, que desembocam na Lagoa do Guandu (BACHA et. al., 2022; OTTONI; OTTONI, 2022). Como este corpo hídrico possui água com baixa circulação hídrica, em meio lêntico, ao receber carga de poluição orgânica sem tratamento, favorece a proliferação de fitoplanctons, com a floração de algas e a consequente produção de cianobactérias e cianotoxinas. O gosto elevado produzido nas águas da Lagoa Guandu é devido à geosmina e II-MIB, pela ação das cianobactérias, decorrente principalmente dos esgotos sanitários brutos trazidos pelos rios Queimados e Ipiranga dos Municípios de Queimados e Nova Iguaçu, respectivamente (BACHA et. al., 2022; CETESB, 2013; HOWARD et. al., 2021; OTTONI; OTTONI, 2022).

Certamente a principal solução definitiva para o problema passa pela implantação do saneamento de esgotos sanitários nos munícipios de Queimados e Nova Iguaçu, que lançam seus esgotos brutos nos rios Queimados e Ipiranga, respectivamente (BACHA et. al., 2022; OTTONI; OTTONI, 2022). No entanto, essa solução, além de ser cara, vai demorar vários anos para ser implantada na sua totalidade. Desta forma, visando melhorar a segurança hídrica a curto prazo para o abastecimento de água da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), sugerimos que, como indicado em Ottoni e Ottoni (2022), a partir da implantação imediata de postos de medição fluviométrica e de qualidade de água em pontos adequados dos rios Queimados e Ipiranga, se defina a localização adequada de estações de tratamento de esgotos logo após a área urbana de Queimados e Nova Iguaçu, aduzindo e tratando as águas dos rios Queimados (e seus afluentes Poços e Sarapo) e Ipiranga (e seu afluente Cabuçu), e devolvendo as águas tratadas ao rio (BACHA et. al., 2022; OTTONI; OTTONI, 2022), como mostrado na Imagem 4.

Essa atividade emergencial de adução de águas desses rios também facilitaria a remoção de lixo disperso que chega às calhas fluviais, evitando que esses resíduos alcancem a Lagoa do Guandu.

Imagem 4 – Representação esquemática das soluções emergenciais sugeridas para a revitalização ecológica da Lagoa do Guandu, aumentando a segurança hídrica para o abastecimento de água da RMRJ de recuperação ambiental de uma bacia hitdrográfica

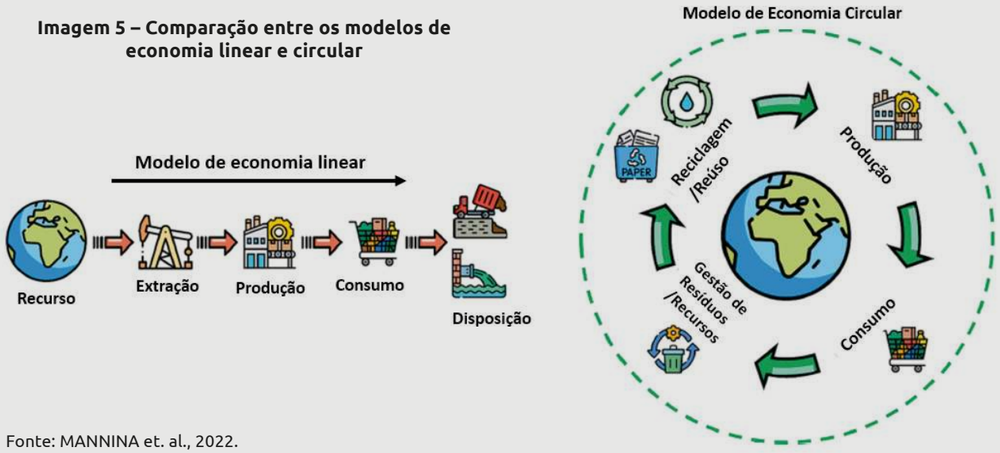


Fonte: OTTONI, 2022.

4. A URGÊNCIA NA GESTÃO SUSTENTÁVEL E INTEGRADA PARA O SANEAMENTO

O saneamento básico implantado no ambiente social é fundamental para se garantir a saúde da população. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), cada R$ 1,00 investido em saneamento gera uma economia de R$ 4,00 na saúde (BRK AMBIENTAL, 2020). Ele é formado pelos sistemas de abastecimento de água, sistemas de esgotos sanitários, gestão de resíduos sólidos, e drenagem, que correspondem a uma infraestrutura fundamental para se garantir minimamente e de forma preventiva a saúde da população (FUNASA, 2019).
A deficiência na implantação do saneamento básico tem agravado os problemas de saúde na população, além de poluir e degradar os ecossistemas naturais do Estado do Rio de Janeiro. As soluções com sustentabilidade ambiental e integradas devem, sempre que possível, ser adotadas no âmbito das políticas públicas. As intervenções de reflorestamento das bacias hidrográficas, especialmente em áreas rurais, têm uma função primordial de melhorar a segurança hídrica do abastecimento de água, pois a floresta retém em torno de 80% das águas das chuvas e as infiltra no solo, alimentando os lençóis de água subterrâneos e garantindo mais água e de melhor qualidade nos rios no período de estiagem do ano hidrológico (OTTONI, 1996; MIGUEZ et. al., 2016; SILVA, 2015). No entanto, ao prestar esse serviço ambiental de reter e infiltrar as águas pluviais, ela contribui para o amortecimento das enchentes fluviais durante as chuvas intensas. Desta forma, com a mesma solução de reflorestamento, se aumenta a segurança hídrica tanto nas secas quanto na redução das enchentes fluviais na bacia hidrográfica (nos períodos de estiagem e chuvoso do ano hidrológico, respectivamente). Esse trabalho pode ser aprimorado com as obras de recarga artificial da água subterrânea, favorecendo a retenção de água na bacia hidrográfica (ANAND et. al., 2021; COSTA et. al., 2019; RANI et. al. 2022; SALAMEH et. al., 2019).

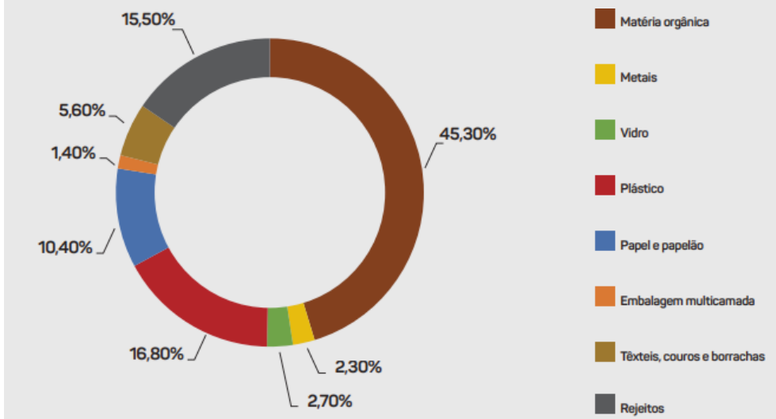
Imagem 5 – Comparação entre os modelos de economia linear e circular



Fonte: MANNINA et. al., 2022.

Quanto à gestão dos resíduos sólidos e líquidos, deve-se priorizar no Estado do Rio de Janeiro o conceito da economia circular sobre esse tema, o que já vem sendo feito em outras regiões do mundo, motivando uma gestão sustentável de resíduos com preservação dos recursos naturais (BIANCHI; CORDELLA, 2023). De acordo com Dewick et. al. (2022), para se garantir a sustentabilidade ambiental na gestão de resíduos, deve-se substituir os sistemas lineares, que usam os recursos naturais indiscriminadamente, por um modelo de gestão circular de resíduos que considere a reciclagem dos resíduos e a preservação dos recursos naturais. Na Figura 5 está exposto um diagrama esquemático da comparação entre os modelos de economia linear e circular na gestão de resíduos (MANNINA et. al., 2022)
Quanto ao saneamento dos esgotos sanitários, que em grande parte são gerados pelo descarte de fezes e urina da população, a solução técnica usual, quando é implantada no Brasil, consiste em tratar esses esgotos e descartar o lodo em aterros sanitários e os esgotos tratados em rios, deixando-se de reaproveitar o valor econômico desses resíduos. Numa gestão sustentável de esgotos sanitários, sempre que possível, pode-se fazer o reúso dos esgotos tratados (para regar os jardins públicos e outros usos), economizando-se o uso da água potável, bem como para irrigação (LIMA et. al., 2022; MANNINA et. al., 2022). E o composto orgânico gerado (rico em nutrientes), pode ser usado de forma eficiente para baratear o reflorestamento (CONAMA, 2006), ajudando na melhoria da eficiência no abastecimento de água e na drenagem. Esse é um exemplo de solução sustentável na gestão desses resíduos líquidos orgânicos, que evita o seu descarte no meio ambiente, e tem uma função integrada de beneficiar outras áreas do saneamento básico, pois a utilização do composto orgânico gerado pelo lodo dos esgotos sanitários como fertilizante para baratear o reflorestamento (CEDAE, 2022; CHEN et. al., 2020; CHEN et. al., 2022) pode recuperar os mananciais de água e reduzir enchentes na bacia hidrográfica.
Quanto à gestão com sustentabilidade ambiental para os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), deve-se priorizar os conceitos de: NÃO GERAÇÃO (por meio da implantação de políticas públicas para o consumo consciente de bens e produtos, o que deve vir acompanhado de educação ambiental); REDUÇÃO (pela implantação de políticas públicas que obriguem os produtos a terem uma maior durabilidade, reduzindo-se os descartáveis e a quantidade de resíduos gerados pela população); REUTILIZAÇÃO e RECICLAGEM, a partir da coleta seletiva de resíduos (ABRELPE, 2021; BRASIL, 2010), devendo aí estarem incluídos não só os resíduos sólidos secos (papel, papelão, plástico, metais, vidros etc.), mas também os restos de comida existentes no lixo úmido (CHEN, 2020), que podem e devem ser transformados adequadamente em composto orgânico para baratear o reflorestamento e na recuperação do húmus do solo em áreas degradadas e outros usos. Na Figura 6 está indicada a composição gravimétrica dos resíduos sólidos produzidos no Brasil (BRASIL, 2022) caracterizando a grande capacidade de reaproveitamento dos nossos resíduos sólidos (ABRELPE, 2021).
A última prioridade deve ser a destinação final dos RSU após o tratamento, devendo-se buscar o aproveitamento energético dos RSU sempre que possível, antes do seu descarte em aterros sanitários. Todos esses aspectos estão previstos na Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil, e que infelizmente não vem sendo adequadamente cumprida por grande parte das prefeituras no Brasil. De acordo com Altino (2022), várias cidades brasileiras descumprem as metas de fechamento de lixões a céu aberto, o que seria o minimamente básico, evitando-se riscos de poluição do solo, água e ar, além de graves riscos à saúde da população, e nem isso é cumprido por várias prefeituras.
A gestão com sustentabilidade ambiental dos RSU vai gerar a preservação maior dos recursos naturais (que passarão a ser menos explorados e ficarão mais disponíveis para as futuras gerações) e reduzir o descarte dos resíduos em aterros de lixo, permitindo a maior preservação dos ecossistemas naturais (DEWICK et. al., 2022), e vai estimular o mercado secundário da reciclagem, gerando renda e atraindo o investimento efetivo da iniciativa privada neste setor, o que não acontece hoje em dia, pois não há o efeito de escala na reciclagem dos RSU.
Portanto, a criação de políticas públicas com sustentabilidade ambiental e de forma integrada na área do saneamento básico nas prefeituras do Estado do Rio de Janeiro reduzirá a poluição ambiental e preservará os ecossistemas naturais, em benefício da população fluminense, barateando o custo das matérias-primas no processo produtivo, elevando a quantidade de empregos e preservando os recursos naturais disponíveis para as atuais e futuras gerações.

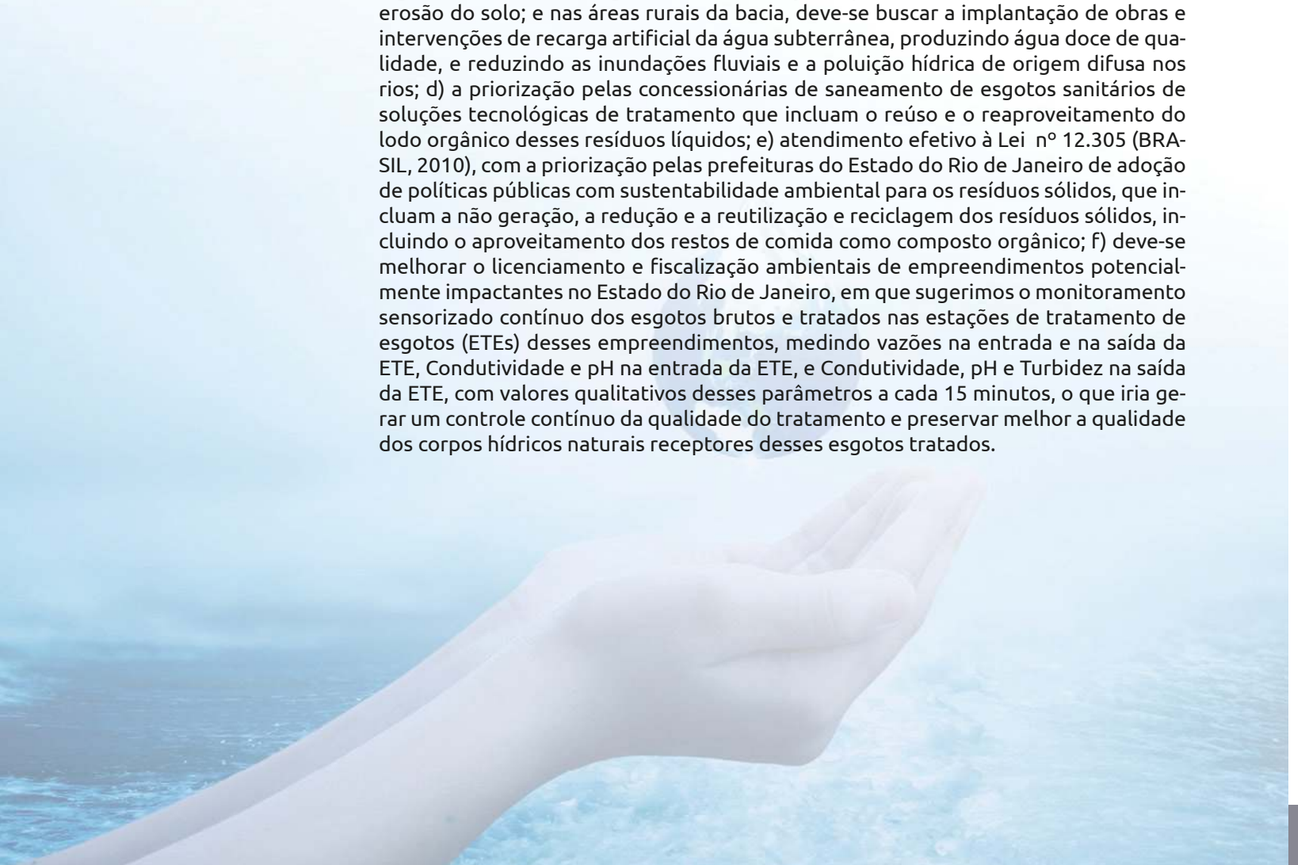
Imagem 6 – Composição gravimétrica dos resíduos sólidos no Brasil



Fonte: BRASIL, 2022.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Estado do Rio de Janeiro possui diversas belezas naturais, e os seus corpos hídricos, incluindo as praias, as Baías de Sepetiba e Guanabara, as lagoas costeiras da Barra da Tijuca e Jacarepaguá, de Piratininga e Itaipu, de Maricá, de Saquarema, e de Araruama, e outros, devem ter a sua recuperação ambiental efetiva, a partir de intervenções sustentáveis em toda sua bacia hidrográfica drenante. Considerando todo o exposto neste artigo, em que defendemos que devem ser priorizadas políticas públicas sustentáveis e integradas para o saneamento básico, com o reúso dos esgotos sanitários tratados e reaproveitamento do lodo como composto orgânico, uma gestão sustentável dos resíduos sólidos que inclua o aproveitamento dos restos de comida também como composto orgânico, e a aplicação desse material no solo para baratear o reflorestamento, favorecendo o abastecimento de água (com a recuperação dos mananciais hídricos) e retendo água na bacia hidrográfica (reduzindo as enchentes nos rios durante o período chuvoso do ano hidrológico), são fundamentais para o desenvolvimento do Estado, com garantias de preservação ambiental e de melhoria das condições de vida da população fluminense. Sugerimos, outrossim, as seguintes atividades com sustentabilidade ambiental, a partir de políticas públicas adequadas, além de outras: a) o monitoramento hidrométrico e de qualidade da água contínuo dos principais rios fluminenses, bem como por georreferenciamento do uso e ocupação do solo; b) a partir dos dados de monitoramento descritos no item a, realizar o diagnóstico ambiental desses rios, indicando as causas da degradação e as suas soluções com sustentabilidade ambiental; c) a partir do diagnóstico ambiental, deve-se buscar a implantação de projetos como "Produtores de Água", estimulando o reflorestamento de áreas degradadas, priorizando as Áreas de Preservação Permanente (que são as faixas marginais de proteção dos rios em áreas não consolidadas e as encostas íngremes da bacia hidrográfica com inclinação superior a 45º); obras de controle de erosão do solo; e nas áreas rurais da bacia, deve-se buscar a implantação de obras e intervenções de recarga artificial da água subterrânea, produzindo água doce de qualidade, e reduzindo as inundações fluviais e a poluição hídrica de origem difusa nos rios; d) a priorização pelas concessionárias de saneamento de esgotos sanitários de soluções tecnológicas de tratamento que incluam o reúso e o reaproveitamento do lodo orgânico desses resíduos líquidos; e) atendimento efetivo à Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), com a priorização pelas prefeituras do Estado do Rio de Janeiro de adoção de políticas públicas com sustentabilidade ambiental para os resíduos sólidos, que incluam a não geração, a redução e a reutilização e reciclagem dos resíduos sólidos, incluindo o aproveitamento dos restos de comida como composto orgânico; f) deve-se melhorar o licenciamento e fiscalização ambientais de empreendimentos potencialmente impactantes no Estado do Rio de Janeiro, em que sugerimos o monitoramento sensorizado contínuo dos esgotos brutos e tratados nas estações de tratamento de esgotos (ETEs) desses empreendimentos, medindo vazões na entrada e na saída da ETE, Condutividade e pH na entrada da ETE, e Condutividade, pH e Turbidez na saída da ETE, com valores qualitativos desses parâmetros a cada 15 minutos, o que iria gerar um controle contínuo da qualidade do tratamento e preservar melhor a qualidade dos corpos hídricos naturais receptores desses esgotos tratados.



REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021.** São Paulo, SP: **ABRELPE**, 2021. 53 p.

ALTINO L. **Cidades descumprem metas de fechamento de lixões a céu aberto.** Extra Online Rio de Janeiro. 16 out. 2022. Disponível em: https://extra.globo.com/noticias/brasil/cidades-descumprem-metas-de-fechamento-de-lixoes-ceu-aberto-25591063.html. Acesso em: 19 out. 2022.

ANAND, B.; KARUNANIDHI, D.; SUBRAMANI, T. *Promoting artificial recharge to enhance groundwater potential in the lower Bhavani River basin of South India using geospatial techniques.* ***Environmental Science and Pollution Research***, v. 28, n. 15, p. 18437-18456, 2021.

BACHA, L. et. al. *Risk of Collapse in Water Quality in the Guandu River (Rio de Janeiro, Brazil).* ***Microbial Ecology***, v. 84, n. 1, p. 314-324, Jul. 2022.

BERNAT, K. et. al. *Can the biological stage of a mechanical–biological treatment plant that is designed for mixed municipal solid waste be successfully utilized for effective composting of selectively collected biowaste?* ***Waste Management***, v. 149, p. 291-301, 15 Jul. 2022.

BIANCHI, M.; CORDELLA, M. *Does circular economy mitigate the extraction of natural resources? Empirical evidence based on analysis of 28 European economies over the past decade.* ***Ecological Economics***, v. 203, Art. 107607, Jan. 2023.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2010]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305. Acesso em: 20 out. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 375, de 29 de agosto de 2006**. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Disponível em: https://www.normasbrasil.com.br/norma/resolucao-3752--006_103464.html. Acesso em: 11 out. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Qualidade Ambiental, 2022. 209 p. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/agendaambientalurbana/lixao-zero/plano_nacional_de_residuos_solidos-1.pdf. Acesso em: 18 out. 2022.

BRK AMBIENTAL. **Os impactos da relação entre saneamento básico e saúde pública**. Disponível em: https://blog.brkambiental.com.br/saneamento-basico-e-saude-publica/. Acesso em: 19 out. 2022.

CEDAE. **Projeto Replantando Vidas**. Disponível em: https://cedae.com.br/replantandovida. Acesso em: 12 out. 2022.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Manual de Cianobactérias Planctônicas: legislação, orientações para o monitoramento e aspectos ambientais. São Paulo, SP: CETESB, 2013. 56 p. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2015/01/manual-cianobacterias-2013.pdf. Acesso em: 9 maio 2022.

CHEN, T.; ZHANG, S.; YUAN, Z. *Adoption of solid organic waste composting products: a critical review.* ***Journal of Cleaner Production***, v. 272, Art. 122712, 1 Nov. 2020.

CHEN, Z. et. al. *Feasibility of sewage sludge and food waste aerobic co-composting: Physicochemical properties, microbial community structures, and contradiction between microbial metabolic activity and safety risks.* ***Science of the Total Environment***, v. 825, Art. 154047, 15 June 2022.

COSTA, A. M. da et. al. *Groundwater recharge potential for sustainable water use in urban areas of the Jequitiba River Basin, Brazil.* ***Sustainability***, Switzerland, v. 11, n. 10, Art. 2955, 2019. Disponível em: https://www.mdpi.com/2071-1050/11/10/2955. Acesso em: 14 nov. 2022.

DEWICK, P. et. al. *The puzzle of the informal economy and the circular economy.* ***Resources, Conservation and Recycling,*** v. 187, Art. 106602, Dec. 2022.

EVANGELISTA, Ana Paula. **Covid-19 Favelas**: Fiocruz aponta que pandemia tem mais impacto em áreas pobres do rio. Disponível em: https://www.epsjv.fiocruz.br/podcast/covid-19-favelas-fiocruz-aponta-que-pandemia-tem-mais-impacto-em-areas-pobres--do-rio. Acesso em: 19 out. 2022.

FERREIRA, D. M.; FERNANDES, C. V. S. *Integrated water quality modeling in a river-reservoir system to support watershed management.* ***Journal of Environmental Management***, v. 324, Art. 1164447, 15 Dec. 2022.

FUNDAÇÃO COPPETEC. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul Resumo**: diagnóstico dos Recursos Hídricos: Relatório Final PSR-010-R0 (Relatório Contratual R7). Rio de Janeiro, RJ: Fundação COPPETEC, nov. 2006. 201 p. Disponível em: https://www.ceivap.org.br/downloads/PSR-010-R0.pdf. Acesso em: 14 nov. 2022.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (Brasil). **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. 1. ed. Brasília, DF: Funasa, 2014. 112 p.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (Brasil). **Manual de Saneamento.** 5. ed. Brasília, DF: Funasa, 2019. 545 p.

GROLLEAU, G.; MCCANN, L. M. J. *Designing watershed programs to pay farmers for water quality services: Case studies of Munich and New York City.* ***Ecological Economics***, v. 76, p. 87-94, Apr. 2012.

HANLON, J. W. *Complementary safeguards for robust regional watershed governance in a federation: New York City and its municipal water supply.* ***Environmental Science and Policy,*** v. 75, p. 47-55, Sept. 2017.

HOWARD, M. D. A. et. al. *Multiple co-occurring and persistently detected cyanotoxins and associated cyanobacteria in adjacent California lakes.* ***Toxicon***, v. 192, p. 1-14, Mar. 2021.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). **Qualidade das águas por Região Hidrográfica.** Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/ar-agua-e-solo/qualidade-das-aguas--por-regiao-hidrografica-rhs/. Acesso em: 20 out. 2022.

KUNSZABÓ, A. et. al. *Household food waste composting habits and behaviours in Hungary: a segmentation study.* ***Sustainable Chemistry and Pharmacy,*** v. 30, Art. 100839, Dec. 2022.

LIMA, M. A. de M. et. al. *Water reuse in Brazilian rice farming: application of semiquantitative microbiological risk assessment.* ***Water Cycle***, v. 3, p. 56-64, 2022.

LÓPEZ, S. *Deforestation, forest degradation, and land use dynamics in the Northeastern Ecuadorian Amazon.* ***Applied Geography***, v. 145, Art. 102749, Ago. 2022.

MANNINA, G.; GULHAN, H.; NI, B. J. *Water reuse from wastewater treatment: the transition towards circular economy in the water sector. bioresource technology.* ***Bioresource Technology***, v. 363, Art. 127951, Nov. 2022.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M. Tendências Hidrológicas da bacia do rio Paraíba do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, n. 2, p. 215-226, mar. 2005.

MIGUEZ, M. G.; VEROL, A. P.; REZENDE, O. M. **Drenagem Urbana:** do projeto tradicional à sustentabilidade. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2016. 384 p.

MOUSAVIJAD, M. et. al. *Review of reforestation value chain planning and management: a conceptual framework.* ***Trees, Forests and People***. v. 8, Art. 100258, Jun. 2022.

NAVARRETE, S. D. S.; BORINI, F. M.; AVRICHIR, I. *Environmental upgrading and the United Nations Sustainable Development Goals.* ***Journal of Cleaner Production***, v. 264, Art. 121563, 10 Aug. 2020.

NEBEL, B. J.; WRIGHT, R. T. ***Environmental Science:*** *the way the world works. 7th ed. New Jersey: Prentice-Hall*, 2000.

OKUMURA, C. K. et. al. *Integrated water resource management as a development driver: prospecting a sanitation improvement cycle for the greater Rio de Janeiro using the city blueprint approach.* ***Journal of Cleaner Production***, v. 315, Art. 128054, 15 Sept. 2021.

OTTONI, A. B. **Manejo Hídrico de Bacias Urbanas Visando a sua Valorização Sanitária e Ambiental.** 1996. Tese (Doutorado em Saneamento Ambiental) - Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca (ENSP), Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1996.

OTTONI, A. B.; OTTONI, M. Sustentabilidade ambiental e segurança hídrica para o abastecimento de água do Rio de Janeiro: proposta de solução técnica emergencial para a revitalização da Lagoa do Guandu. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade,** v. 9, n. 22, p. 545-559, 2022.

OUYANG, Y.; LEININGER, T. D.; MORAN, M. *Impacts of reforestation upon sediment load and water outflow in the Lower Yazoo River Watershed, Mississippi.* ***Ecological Engineering,*** v. 61, p. 394–406, Dec. 2013.

PAIVA, A. C. da E. et. al. *Urban expansion and its impact on water security: the case of the Paraíba do Sul River Basin, São Paulo, Brazil.* ***Science of the Total Environment***, v. 720, Art. 137509, 10 Jun. 2020.

RANI, M. et. al. *Investigation of groundwater recharge prospect and hydrological response of groundwater augmentation measures in Upper Kosi watershed, Kumaun Himalaya, India.* ***Groundwater for Sustainable Development***, v. 16, Art. 100720, Feb. 2022.

SALAMEH, E.; ABDALLAT, G.; VAN DER VALK, M. *Planning considerations of managed aquifer recharge (MAR) projects in Jordan.* ***Water***, MDPI, *Switzerland*, v. 11, n. 2, 2019.

SILVA, L. P. **Hidrologia:** engenharia e meio Ambiente. 1. ed. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2015. 352 p.

ZEMA, D. A. et. al. *Influence of forest stand age on soil water repellency and hydraulic conductivity in the Mediterranean environment.* ***Science of the Total Environment,*** v. 753, Art. 142006, 20 Jan. 2021.



SUBMISSÃO DE ARTIGOS PARA A REVISTA DO TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

O Conselho Editorial da Revista do Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro, no uso de suas atribuições, convoca, semestralmente, membros da comunidade acadêmica e pesquisadores para participação da seleção e publicação de artigos.

Os artigos deverão ser inéditos e devem ser enviados para pesquisas_ecg@tcerj.tc.br.

Para tanto, os autores devem verificar a conformidade da submissão em relação a todas as normas de publicação divulgadas no portal da Escola de Contas e Gestão do TCE-RJ, em https://www.tcerj.tc.br/web/ecg/revista-do-tce-rj/normas-para-publicacao.


ecg
Escola de Contas e
Gestão do TCE-RJ


Tribunal
de Contas
Estado do Rio de Janeiro
130 ANOS