



ATERROS HIDRÁULICOS SOBRE CORPOS HÍDRICOS NO BRASIL: ASPECTOS LEGAIS E IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS

Luana do Nascimento Dias¹

Alef Fontinele Teixeira²

Marina Rocha de Carvalho³

Paula Verônica Campos Jorge Santos⁴

Leonardo Silva Soares⁵

Antonio Carlos Leal de Castro⁶

Resumo: O crescimento acelerado e desordenado das cidades brasileiras tem impulsionado o uso de aterros hidráulicos como estratégia de expansão urbana, provocando profundas transformações ambientais, sociais e econômicas. Este estudo analisou a legislação vigente sobre aterros hidráulicos em corpos hídricos, bem como suas consequências, por meio de revisão de literatura científica, documentos técnicos e normas ambientais. Os resultados indicam que, apesar da existência de instrumentos como a Política Nacional do Meio Ambiente, a Lei das Águas, o Estatuto da Cidade e resoluções do CONAMA, não há uma regulamentação específica e abrangente para os aterros hidráulicos, gerando insegurança jurídica e a aplicação de normas de forma indireta ou por analogia. No campo ambiental, verificou-se que tais obras intensificam a impermeabilização do solo, reduzem a infiltração hídrica, contribuem para assoreamento, perda de biodiversidade e poluição aquática. Socialmente, fomentam ocupações irregulares e desigualdades urbanas, enquanto economicamente resultam em prejuízos relacionados a inundações e custos de saneamento. Conclui-se que a ausência de um marco legal específico e coeso compromete a gestão adequada dessa prática, sendo recomendada a criação de regulamentação própria que considere os riscos técnicos e impactos multidimensionais dos aterros hidráulicos, de modo a orientar políticas públicas voltadas ao desenvolvimento urbano sustentável.

Palavras-chave: Expansão urbana; legislação ambiental; bacia hidrográfica; sustentabilidade urbana.

HYDRAULIC LANDFILLS OVER WATER BODIES IN BRAZIL: LEGAL ASPECTS AND SOCIO-ENVIRONMENTAL IMPACTS

Abstract: The rapid and disorderly growth of Brazilian cities has driven the use of hydraulic landfills as an urban expansion strategy, causing profound environmental, social, and economic transformations. This study analyzed current legislation on hydraulic landfills in water bodies, as well as their consequences, through a review of scientific literature, technical documents, and environmental standards. The results indicate that, despite the existence of instruments such as the National Environmental Policy, the Water Law, the City Statute, and CONAMA resolutions, there is no specific and comprehensive regulation for hydraulic landfills, generating legal uncertainty and the application of regulations indirectly or by analogy. In the environmental field, it was found that such works intensify soil impermeability, reduce water infiltration, contribute to siltation, biodiversity loss, and aquatic pollution. Socially,

¹ Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Maranhão (PRODEMA/UFMA). Universidade Federal do Maranhão (UFMA). ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3812-6843>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4751400835677074>. E-mail: dias.luana@discente.ufma.br

² Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Maranhão (PRODEMA/UFMA). Universidade Federal do Maranhão (UFMA). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2630-7006>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2870437090385406>. E-mail: alef.fontinele@discente.ufma.br

³ Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Maranhão (PRODEMA/UFMA). Universidade Federal do Maranhão (UFMA). ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5110-7061>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0456061615739254>. E-mail: marina.carvalho@discente.ufma.br

⁴ Doutora em Biodiversidade e Biotecnologia. Universidade Federal do Maranhão (BIONORTE/UFMA). Professora da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3184-9627>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6303029152591989>. E-mail: paula.veronica@ufma.br

⁵ Pós-Doutor em Planejamento Ambiental e Geoecologia da Paisagem, Universidade Federal do Ceará (UFC). Professor da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0373-2971>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5352983119262178>. E-mail: leonardo.soares@ufma.br

⁶ Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo (USP). Professor Titular e Emérito da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8681-4587>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9450410023114396>. E-mail: alec@ufma.br



they foster irregular occupations and urban inequalities, while economically, they result in losses related to flooding and sanitation costs. It is concluded that the absence of a specific and cohesive legal framework compromises the adequate management of this practice, and it is recommended that specific regulations be created that consider the technical risks and multidimensional impacts of hydraulic landfills, in order to guide public policies aimed at sustainable urban development.

Keywords: *Urban expansion; environmental legislation; river basin; urban sustainability.*

1 Introdução

O crescimento desordenado das cidades, sobretudo devido ao fracionamento irregular do solo, ocasiona problemas urbanos e ambientais que se refletem nas atividades antrópicas, com fortes pressões nos recursos naturais (Freitas, 2020). As áreas metropolitanas brasileiras, em especial as capitais litorâneas, têm sofrido intensas transformações nas últimas décadas, afetando a dinâmica urbana das cidades, cuja estrutura é moldada pelos setores produtivos que sustentam o crescimento econômico (Clementino, 2017).

Com o crescimento desenfreado e não planejado das cidades litorâneas, a estratégia de expansão dessas cidades em direção ao mar por meio de aterros marítimos tornou-se uma prática comum em muitos países, sendo uma técnica utilizada desde a Roma Imperial e a Grécia Antiga (Landon *et al.*, 2016).

Os aterros são formados por acúmulos de terra removidos para nivelar ou alterar terrenos, resultando na movimentação de sedimentos para áreas específicas e alterando a configuração original do ambiente (Ferraro, 2020). O processo consiste no transporte de material em forma de lama densa por tubulações. É uma opção econômica, porém requer cautela devido ao alto teor de água, que pode gerar riscos de permeabilidade, drenagem, liquefação e bloqueio de dutos (Panchal; Deb; Sreenivas, 2018)

A construção de aterros nas regiões urbanas, modifica não só funções específicas de mobilidade, circulação e lazer, como também altera substancialmente a paisagem da região afetada, com interferência direta na fauna e flora local (Vilani, Cruz, Pedlowski, 2021). A realização dessas obras ocorre em diferentes contextos, como continuidade de tramas urbanas já existentes, mas principalmente, na produção do espaço urbano, promovendo a expansão da malha urbana e a consolidação de novas centralidades (Momm, Kinjo, Frey, 2020).

À luz dessa realidade, o presente estudo busca preencher uma importante lacuna ao oferecer uma análise integrada do arcabouço legal relacionado aos aterros hidráulicos, bem como dos impactos ambientais, sociais e econômicos decorrentes dessa atividade. Ao reunir subsídios científicos consistentes, espera-se que os resultados aqui apresentados possam orientar a formulação de políticas públicas mais eficazes e sensíveis à complexidade da questão, promovendo decisões mais sustentáveis e socialmente responsáveis.



2 Metodologia

A pesquisa que fundamenta esta análise possui caráter qualitativo, de natureza exploratória e descritiva, estruturando-se a partir de uma revisão bibliográfica e documental sistematizada. O objetivo central foi compreender a evolução histórica, técnica, política e jurídico-institucional dos aterros hidráulicos no Brasil, bem como suas implicações territoriais, ambientais e socioeconômicas.

A etapa inicial consistiu no levantamento e seleção de trabalhos científicos, incluindo artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais, dissertações, teses, livros e capítulos de livros, além de materiais técnicos e institucionais produzidos por órgãos governamentais, agências ambientais, instituições de planejamento urbano e portuário, e organismos multilaterais. A busca bibliográfica foi realizada em bases de dados reconhecidas, tais como SciELO, Google Scholar, CAPES Periódicos, além de repositórios institucionais e bibliotecas digitais de universidades brasileiras.

O tratamento do material coletado foi realizado por meio de análise temática de conteúdo, com base nos procedimentos propostos por Bardin (2011). Após leitura sistemática dos materiais bibliográficos, procedeu-se à codificação do material e à construção indutiva de categorias temáticas, organizadas em torno das seguintes dimensões: (i) a evolução histórica dos aterros hidráulicos no território brasileiro; (ii) aspectos técnicos e operacionais dessa prática; (iii) sua inserção no processo de expansão urbana e portuária; (iv) os impactos ambientais e sociais associados; e (v) o arcabouço legal, normativo e político que regula sua implementação. Considerou-se, preferencialmente, trabalhos publicados a partir da segunda metade do século XX, período marcado pela intensificação dessas intervenções, sem prejuízo da inclusão de referências clássicas de relevância histórica.

Paralelamente à revisão bibliográfica, desenvolveu-se uma análise documental, abrangendo legislações federais, estaduais e municipais, normas técnicas, resoluções de conselhos ambientais, planos diretores urbanos, planos portuários e relatórios de impacto ambiental, de modo a compreender as bases jurídicas e institucionais que orientam a execução dos aterros hidráulicos no Brasil. Essa etapa permitiu identificar mudanças normativas ao longo do tempo, bem como tensões e convergências entre políticas de desenvolvimento urbano, infraestrutura portuária e proteção ambiental.

Como procedimento empírico complementar, procedeu-se a análise aprofundada de estudos de caso representativos de intervenções associadas a urbanização e a prática de aterro hidráulico no Brasil, tendo como recorte principal as bacias hidrográficas do Rio Anil e do



Bacanga, localizadas no município de São Luís do Maranhão. A escolha dessas bacias hidrográficas justifica-se por sua relevância no contexto da expansão urbana da capital maranhense, marcada pela ocupação de áreas estuarinas e pela realização de aterros que promoveram significativas alterações na dinâmica territorial e ambiental na região. Adicionalmente, utilizou-se o caso de Balneário Camboriú, em Santa Catarina, como referência comparativa, em virtude da notoriedade nacional e duas intervenções de aterro hidráulico e engodamento artificial da faixa costeira. A análise comparativa desses casos possibilita compreender diferentes contextos de aplicação da técnica, bem como seus impactos socioambientais, contribuindo para discussão sobre planejamento urbano, gestão ambiental e sustentabilidade em ambientes costeiros e estuarinos.

Por fim, a síntese dos dados coletados e analisados subsidiou a construção de uma interpretação abrangente e fundamentada, contribuindo para o aprofundamento dos debates acadêmicos sobre os impactos dos aterros hidráulicos no território brasileiro, bem como para a reflexão crítica acerca dos limites e desafios dessa prática frente às atuais demandas de sustentabilidade e ordenamento territorial.

3 Evolução de aterros hidráulicos

Embora o termo aterro hidráulico seja moderno, os egípcios antigos já usavam técnicas similares. Tuan (1976) destaca que diques, canais e reservatórios permitiram ocupar áreas sujeitas a cheias, expandir terras cultiváveis e consolidar núcleos urbanos e poder centralizado. Haug (2016) acrescenta que o controle estatal da irrigação foi fundamental para planejar, distribuir água e manter infraestruturas, promovendo a expansão organizada do espaço habitável no Egito antigo.

A modificação de terrenos por meio de aterros sobre o mar começou a se intensificar a partir do século XVII, em Boston nos Estados Unidos em 1640. Registros apontam que essa expansão começou a ser comum em docas portuárias para ampliar a região da cidade que crescia rapidamente por conta do intenso comércio e industrialização (Landon *et al.*, 2016).

No Brasil, essa estratégia ganhou força nas últimas décadas do século XX, com os primeiros registros em Salvador, seguido por Rio de Janeiro, ambos com o mesmo objetivo das cidades americanas: implantar novos espaços para atracação de embarcações. Os aterros então ligados diretamente a expansão das cidades devido ao crescimento populacional, ocasionando transformação de cidades como Rio de Janeiro, Salvador, Porto Alegre, São Luís e Vitória (Ferraro, 2020).

Embora as técnicas de aterro hidráulico tenham avançado consideravelmente e apresentem ampla aplicabilidade, alguns aspectos construtivos ainda carecem de informações, como o



mecanismo de formação do aterro e os fatores que influenciam suas propriedades. Dessa forma, os projetos dessa natureza costumam ser baseados em experiências anteriores, que nem sempre representam as alternativas mais seguras e econômicas de uma construção (Norberto *et al.*, 2024).

4 Vantagens e desvantagens de aterros hidráulicos

Os aterros hidráulicos apresentam vantagens de ordem prática e econômica, enquanto nos aspectos técnicos, destaca-se a alta taxa de construção e a separação das partículas pela segregação hidráulica (Moretti; Cruz, 1996).

Grishin (1982) lista em sua pesquisa diversas vantagens e desvantagens sobre a técnica de aterro hidráulico (Quadro 1).

Quadro 1 – Vantagens e Desvantagens da Técnica de Aterro Hidráulico.

Vantagens	Desvantagens
Alta capacidade construtiva, sendo possível executar mais de 200.000 m ³ de aterro por dia;	Necessidades de maiores exigências em relação a composição do solo do aterro, que nem sempre se encontra disponível no local;
O método permite a execução de aterros submersos;	Maiores cuidados quando a polpa é transportada em tubulações sob pressão;
Mecanismos de construção simples em comparação aos métodos convencionais;	Grande utilização de metais, sujeitos a desgaste por atrito, que devem estar em boas condições;
Baixa exigência de mão de obra humana;	Perda de ecossistemas aquáticos e costeiros;
Menor custo unitário da obra;	Alteração do regime hidrológico de bacias hidrográficas, afetando a drenagem natural;
Aplicabilidade a uma larga faixa de materiais;	Aumento do risco de inundações, por obstrução do escoamento superficial; Instabilidade do solo, com risco de desabamentos,
Possibilidade de separação de partículas do material de construção.	Aumento do custo com obras de contenção e drenagem.

Fonte: Adaptado de Grishin (1982); Dias *et al.* (2025).

Dessa forma, embora os aterros hidráulicos possam proporcionar benefícios relacionados a expansão territorial, valorização imobiliária e implantação de infraestrutura urbana, seus impactos não podem ser analisados exclusivamente sob uma perspectiva técnica e econômica. A perda de ecossistemas aquáticos, supressão de áreas de manguezal, alterações no regime hidrológico e os impactos sobre a dinâmica natural das bacias hidrográficas evidenciam que tais intervenções produzem consequências ambientais de longo prazo (Dias *et al.*, 2025).



Nesse contexto, a efetividade dessas obras deve ser avaliada de forma integrada, considerando não apenas a sua viabilidade técnica, mas também seus reflexos socioambientais, a capacidade dos instrumentos de gestão territorial em mitigar impactos e adoção de mecanismos de governança que assegurem a conservação dos ecossistemas e a sustentabilidade das áreas afetadas.

5 Aterros hidráulicos em ambientes urbanos

A ausência de um planejamento urbano adequado, aliada ao crescimento acelerado, provoca mudanças no uso do solo, intensifica a impermeabilização, agrava a poluição dos corpos d'água e favorece a ocupação irregular de áreas vulneráveis, expondo a população a riscos de deslizamentos e processos erosivos (Evaristo; Oliveira, 2024; Nicolete; Piroli, 2024).

O avanço da urbanização e industrialização impulsionam transformações no ambiente, provocando problemáticas ambientais e sociais (Dias; Pereira; Guerra, 2024; Dias *et al.*, 2024). Durante o processo de urbanização do Brasil, áreas alagadas e de várzeas foram modificadas por meio de técnicas de dessecamento e aterros, viabilizando a sua utilização para ocupação urbana (Christofidis *et al.*, 2019).

Menezes (2017), em sua pesquisa sobre o Aterro do Flamengo, localizado na cidade do Rio de Janeiro, menciona que inicialmente o aterro buscava atender a demanda viária interligando a área central da cidade ao bairro na Zona Sul, a fim de melhorar a mobilidade urbana. No entanto, ao longo dos anos a região passou por diversos outros projetos e empreendimento privados visando a expansão da região que ocasionaram conflitos sociais e ambientais.

Segundo Sayd e Britto (2016), a cidade litorânea de Macaé, Rio de Janeiro, também sofreu diversas mudanças devido à expansão urbana desenfreada. O estuário do Rio Macaé passou por canalizações e aterramentos que geraram transtornos ambientais, como perda hídrica e desmatamento, bem como por conflitos sociais devido a ocupação em áreas de vulnerabilidade ambiental que provocaram, alagamentos e falta de acesso aos serviços públicos.

Ferraro (2020) destaca que em Florianópolis, Santa Catarina, a área denominada como aterro da Baía do Sul é resultado de um enorme processo de expansão na década de 1970. Na região adjacente ao centro da cidade, o crescimento ocorreu no entorno do corpo hídrico, afetando diretamente a circulação hídrica, sanitária, paisagística e cultural da região de aterramento.

Ainda em Santa Catarina, a cidade de Balneário Camboriú apresenta um dos exemplos mais emblemático de aterro hidráulico costeiro no Brasil. Biancini *et al.* (2024) classificam essa modalidade como alimentação artificial de praia (AAP), prática globalmente adotada para conter a erosão costeira em áreas urbanas litorâneas. A obra, iniciada em 2021, foi submetida a processo de licenciamento ambiental com elaboração do EIA/RIMA, exigência legal para intervenções de



grande impacto ambiental. No entanto, estudos posteriores evidenciaram que os objetivos declarados de proteção costeira e restauração ambiental não foram plenamente alcançados: a UFSC (2025) documentou alterações morfológicas expressivas nas praias aterradas, incluindo perfis mais íngremes, aumento da compactação da areia e mudanças na batimetria costeira que intensificaram a formação de correntes de retorno, resultando em aumento de aproximadamente 120% nas ocorrências de salvamento pelo Corpo de Bombeiros após a obra. Biancini *et al.* (2024) constataram ainda que os programas de monitoramento ambiental condicionantes para a validade das licenças não foram realizados após término das obras, revelando uma significativa lacuna entre as determinações previstas no arcabouço legal e normativo e sua aplicação efetiva na gestão ambiental dos empreendimentos.

Em São Luís do Maranhão, as bacias hidrográficas dos rios Bacanga e do Anil, constituem unidades hidrográficas de grande relevância ecológica, hidrológica e urbana, historicamente submetidas a intensos processos de expansão urbana sobre áreas estuarinas de alta sensibilidade ambiental (Teixeira *et al.*, 2024; Dias *et al.*, 2025). Nas regiões estuarinas de manguezal, principalmente nos trechos sob influência da maré, a substituição de ecossistemas naturais por superfícies impermeabilizadas e aterros altera os fluxos sedimentares, reduz a biodiversidade local e compromete serviços essenciais (Wu *et al.*, 2024).

Segundo Dias *et al.* (2025), a associação entre expansão urbana e a prática de aterro hidráulicos tem promovido impermeabilização do solo, alteração do regime de escoamento superficial, comprometimento das nascentes e magnificação de riscos hidrológicos como alagamentos e degradação da qualidade da água. Os autores defendem ainda que, embora o arcabouço normativo nacional disponha de instrumentos de gestão ambiental, sua aplicação se mostra insuficiente diante da complexidade dos processos de degradação observados, sendo a fragilidade institucional e a desarticulação entre políticas setoriais dificultam a implementação de medidas de controle, conservação e recuperação das bacias estudadas.

Dias *et al.* (2025) concluem que a sustentabilidade das bacias do Bacanga e do Anil dependem da adoção de modelos integrados de governança ambiental que articulem o ordenamento territorial, proteção das áreas sensíveis e fortalecimento institucional. Já Biancini *et al.* (2024) reforçam que o monitoramento contínuo é a condição indispensável para a sustentabilidade dessas intervenções, sem o qual os objetivos declarados de proteção e restauração ambiental permanecem como promessas não cumpridas.

Obras hidráulicas em espaços urbanos geram mudanças em corpos d'água e em sistemas de drenagem e esgotamento, reduzindo sua importância ambiental, afetando a biodiversidade e a qualidade da água. O conjunto das transformações analisadas revelam que os impactos dos aterros hidráulicos, sejam nas bacias hidrográficas do município de São Luís do Maranhão ou na orla

turística de Balneário Camboriú, transcendem a escala local e revelam um padrão estrutural na gestão territorial brasileira.

Nesse sentido, a comparação entre os dois contextos não apenas amplia a base empírica do debate, mas aponta para urgência de políticas públicas que integrem gestão ambiental, recursos hídricos e ordenamento territorial como dimensões indissociáveis do desenvolvimento urbano sustentável no Brasil.

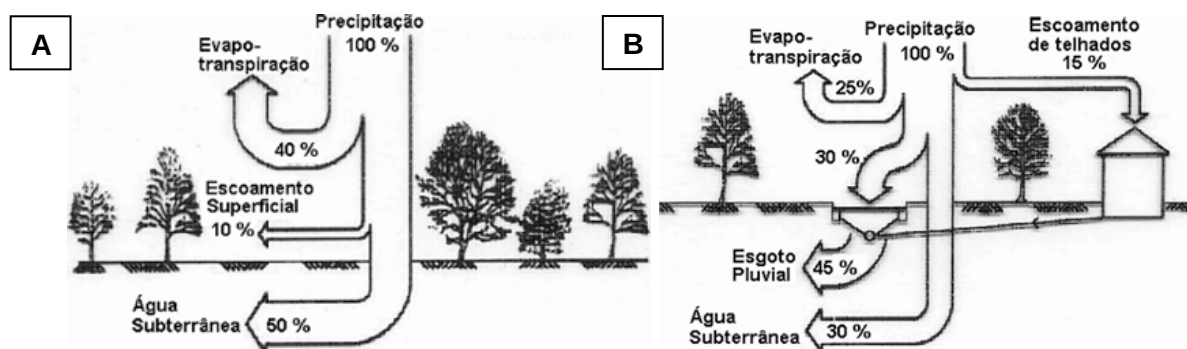
6 Implicações ambientais de aterros hidráulicos

Tucci (2005) afirma que o avanço da urbanização altera a cobertura vegetal, ocasionando diversos efeitos que modificam os componentes do ciclo hidrológico natural, sendo o efeito principal a redução da infiltração no solo, motivado pela impermeabilização da superfície. O volume que deixa de infiltrar permanece na superfície, aumentando o escoamento superficial e alterando significativamente a dinâmica hidrológica das bacias hidrográficas urbanas.

Segundo Souza, Rodrigues e Danelon (2024), a impermeabilização decorrente da expansão urbana modifica os padrões naturais de circulação das águas pluviais, comprometendo a eficiência dos sistemas de drenagem e ampliando a ocorrência de alagamento e inundações. Nesse sentido, o aumento do escoamento superficial não representa apenas um problema hidráulico, mas provoca uma cadeia de impactos ambientais.

Com os condutos pluviais, aumenta a velocidade do escoamento superficial, reduzindo o tempo de deslocamento (Figura 1). Pereira e Nunes (2025) afirmam que esse aumento superficial pode alcançar níveis críticos e resultar em prejuízos ambientais, econômicos e sociais, principalmente durante eventos hidrológicos severos.

Figura 1 – Balanço Hídrico em uma Bacia Hidrográfica Urbana. A) Cenário sem urbanização. B) Cenário urbanizado.



Fonte: Tucci (2005)



Durães, Gomes e Gomes (2022) assinalam que com a redução da infiltração, o aquífero tende a diminuir o nível do lençol freático por falta de alimentação, sobretudo quando a área urbana é extensa, pois contribui para a redução do escoamento subterrâneo. Gomes, Trolles e Nascimento (2020) explicam que devido a substituição da cobertura natural por áreas impermeáveis, ocorre redução da evapotranspiração, já que a superfície urbana não retém água como a cobertura vegetal. Tórres *et al.* (2025) acrescentam que o lençol freático fica vulnerável a impactos decorrentes da modificação do solo na bacia hidrográfica a qual está inserido.

Conforme Tucci (2005), com o avanço do desenvolvimento urbano, há um crescimento expressivo na produção de sedimentos pelas bacias hidrográficas ocasionadas por obras de construção civil, aterramentos e expansão de avenidas e rodovias. Zanella *et al.* (2023) explica que a produção de sedimentos gera impactos significativos, sendo a erosão das superfícies um dos principais efeitos. A erosão além de afetar diretamente o solo, está ligada ao transporte de sedimentos, o que pode levar ao assoreamento e contaminação de corpos hídricos, prejudicando a qualidade do solo e da água.

Nunes *et al.* (2025) explicam que outra consequência por produção de sedimentos pelas bacias hidrográficas é o assoreamento das seções de drenagem, com redução da capacidade de escoamento de condutos, rios e largos urbanos. O assoreamento provoca a redução da capacidade de armazenamento de água dos rios e represas, afetando diretamente a disponibilidade de água para abastecimento público e irrigação, por exemplo.

Outra problemática relevante é o acúmulo de lixo. Marques *et al.* (2012) afirmam que os resíduos sólidos, além de reduzir a capacidade de escoamento, podem obstruir as detenções urbanas, implicando no controle local do fluxo de água. A falta de manutenção adequada e a ausência de planejamento que considere o assoreamento em seções muito largas podem resultar em falhas na drenagem. Pordeus *et al.*, (2024) explicam que a acelerada geração de resíduos sólidos associado a inexistência de políticas públicas efetivas, preservação e uso racional dos recursos naturais ocasionam desafios no âmbito ambiental, que englobam o manejo e a disposição final dos resíduos sólidos.

A relação entre as atividades humanas e os ecossistemas aquáticos é complexa e multifacetada. Cruz *et al.* (2025) defendem que a qualidade da água e a saúde dos ecossistemas aquáticos estão ligados diretamente pelas ações antrópicas, tendo em vista que o lançamento de efluentes domésticos e industriais, a expansão urbana desordenada e agricultura intensiva são fatores que comprometem a integridade dos corpos hídricos.

A poluição desses corpos d'água em bacias urbanas apresenta uma ampla diversidade, variando desde compostos orgânicos até metais altamente tóxicos. Os principais contaminantes



identificados no escoamento superficial urbano incluem sedimentos, nutrientes, metais pesados, bem como bactérias e vírus patogênicos (Righetto; Gomes; Freitas, 2017).

7 Implicações sociais de aterros hidráulicos

Segundo Paulo (2018), o intenso fluxo de migrantes em direção às cidades resultou em um crescimento desordenado e sem planejamento. A elevada demanda por empregos não conseguia atender às necessidades da população, levando indivíduos a se estabelecerem nas periferias urbanas. Sousa-Felix, Figueiredo e Sousa (2025) explicam que a ausência de planejamento afeta diretamente a qualidade de vida dos moradores que vivem no entorno da bacia, especialmente nos bairros periféricos, onde os serviços essenciais costumam ser negligenciados.

A marginalização dessa população se reflete na construção de moradias irregulares em áreas de risco, resultando em impactos ambientais expressivos. O surgimento de favelas e comunidades urbanas às margens dos corpos d'água abrigam populações marcadas por pobreza extrema, carência generalizada de serviços e por condições de habitação bastante insalubres (IBGE, 2022). A presença de moradias irregulares em áreas de risco deve ser compreendida como resultado de processos estruturais de produção desigual do espaço urbano.

Nesse contexto, a segregação socioespacial e insuficiência de políticas habitacionais efetivas contribuem para que grupos socialmente vulneráveis ocupem regiões ambientalmente sensíveis ou impróprias a urbanização (Maroz; Thielen, 2024). Tal dinâmica não apenas agrava e amplia a exposição dessas populações a eventos adversos, como enchentes e deslizamentos, mas reforça ciclos de vulnerabilidade social e degradação ambiental, evidenciando a interdependência entre questões urbanas, sociais e ecológicas (Passos; De Paula Costa, 2024; Segnor; Reis, 2025).

Alvim, Kato e Rosin (2015) afirmam que ocupações irregulares em áreas de proteção ambiental, especialmente em regiões de mananciais, agravam os impactos ambientais e as condições de vida da população. Isto porque, a precariedade da infraestrutura nessas áreas aumenta os riscos sociais e dificulta a preservação dos recursos hídricos. Schorn e Vieira (2023) acrescentam que a vulnerabilidade das comunidades à desastres ocasionados por eventos naturais estão ligados diretamente ao nível de desenvolvimento social e econômico.

Batista (2025) defende que a insuficiência nos serviços de saneamento resulta na exclusão social, o que gera um ambiente de fragilidade e desconfiança entre os moradores e as autoridades. O acúmulo de resíduos sólidos e ausência de infraestrutura adequada, ocasionam condições insalubres que favorecem a propagação de doenças, aumentando o custo socioeconômico para as famílias e o estado. O autor indica que esse ciclo de pobreza e insalubridade podem aumentar a



violência, já que a exclusão social e escassez de oportunidades para a população de baixa renda elevam a chance de associação a práticas ilícitas.

Oliveira e Machado (2022) explicam que a periferização na América Latina e no Brasil decorrem de políticas públicas que favorecem a valorização imobiliária nos centros urbanos e buscam os interesses das elites, aprofundando a segregação social e expondo essa população fragilizada a riscos ambientais. Ferreira, Nascimento e Yoshikawa (2022) argumentam que desigualdade socioespacial no Brasil impede que grande parte da população tenha acesso adequado à moradia e serviços básicos, enquanto o crescimento urbano desenfreado acentua diversos impactos ambientais

8 Implicações econômicas de aterros hidráulicos

Ribeiro, Zilli e Hochheim, (2024) relatam que o crescimento urbano no Brasil, intensificado a partir da década de 1960, impulsionou a ocorrência de inundações, causando impactos significativos a saúde pública, qualidade de vida da população, perdas humanas e prejuízos econômicos expressivos, sobretudo no setor imobiliário, visto que imóveis sofrem danos estruturais que geram elevados custos e dificultam a recuperação econômica das regiões atingidas.

Silva, Leal e Loureiro (2023) acrescentam que a deficiência na gestão de águas pluviais agrava impactos ambientais e ocasiona elevados gastos públicos com custos emergenciais e compromete a economia das cidades. Ademais, a drenagem urbana precária contribui para deterioração da infraestrutura pública, afetando vias e o setor imobiliário, resultando em prejuízos financeiros e sociais

Amarante (2017) pontua que a degradação em bacias hidrográficas gera perdas econômicas relacionadas a produtividade agrícola, custos com a saúde pública e carece de maior investimento em infraestrutura. Além disso, apesar da relação positiva entre infraestrutura e crescimento econômico, os investimentos podem gerar deslocamentos de recursos que favorecem alguns setores em detrimento de outros.

Carvalho *et al.* (2021) discutem a importância da valoração econômica dos serviços ecossistêmicos prestados pelas bacias hidrográficas, como base para uma gestão agroambiental eficiente. A incorporação desses valores na contabilidade econômica pode orientar políticas públicas para o desenvolvimento sustentável nesses territórios.

Santos (2021) avaliou as consequências econômicas e sociais do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) nas bacias hidrográficas do Nordeste Setentrional. Os autores identificaram que o projeto obteve resultados positivos quando houve investimento e planejamento adequado em projetos que beneficiam atividades em bacias hidrográficas.



9 Arcabouço legal de aterros hidráulicos

A regulamentação dos aterros hidráulicos urbanos sobre corpos hídricos no Brasil, não se concentra em uma única legislação, mas está pulverizada em diversas leis federais (Quadro 2), resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Quadro 2 – Principais Leis Federais e suas Implicações para Aterros Hidráulicos

Lei (Nome, Nº e Ano)	Órgão Regulador Principal	Principais Disposições Relevantes	Implicações para Aterros Hidráulicos Urbanos sobre Corpos Hídricos
Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) – Lei nº 6.938/1981	CONAMA, IBAMA, órgãos estaduais e municipais (SISNAMA)	Define princípios, objetivos e instrumentos para a proteção e recuperação do meio ambiente. Institui o licenciamento ambiental para atividades poluidoras.	Base legal para o licenciamento ambiental de aterros; exige estudos de impacto (EIA/RIMA) para projetos de significativa degradação; fundamenta a fiscalização ambiental.
Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) – Lei nº 9.433/1997	ANA, órgãos estaduais e municipais de recursos hídricos	Considera a água um bem público limitado e de valor econômico. Institui a outorga de direito de uso da água para intervenções que alterem regime, quantidade ou qualidade.	Exige outorga para aterros sobre corpos hídricos; impõe controle quantitativo e qualitativo do uso da água; a bacia hidrográfica é a unidade de planejamento.
Estatuto da Cidade – Lei nº 10.257/2001	Municípios (via Plano Diretor)	Regulamenta a política urbana, ordenando o desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade. Torna o Plano Diretor obrigatório para a maioria dos municípios.	O Plano Diretor deve orientar a expansão urbana, evitando e corrigindo distorções e impactos ambientais; aterros devem estar em conformidade com o zoneamento e diretrizes urbanísticas.



Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – Lei nº 12.305/2010	MMA, órgãos estaduais e municipais de meio ambiente	Dispõe sobre a gestão integrada e o gerenciamento de resíduos sólidos, priorizando a não geração, redução, reutilização, reciclagem e destinação ambientalmente adequada.	Relevante se o material de aterro for resíduo (e.g., dragado contaminado ou resíduos da construção civil); exige destinação adequada de rejeitos e controle de "lixões".
Código Florestal – Lei nº 12.651/2012	MMA, órgãos estaduais e municipais de meio ambiente	Estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação nativa, definindo Áreas de Preservação Permanente (APPs) e suas restrições de uso.	Aterros sobre corpos hídricos frequentemente incidem em APPs; intervenções são proibidas, salvo exceções de utilidade pública/interesse social, com rigorosas exigências de licenciamento e compensação.
Lei Complementar nº 140/2011	União (IBAMA), Estados, Municípios	Fixa normas de cooperação entre os entes federativos para o exercício da competência comum em matéria ambiental, incluindo o licenciamento.	Define qual ente federativo é competente para licenciar o aterro, dependendo da escala, abrangência do impacto e localização (local, regional, federal).

A Lei nº 6.938/1981, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), é a pedra angular da legislação ambiental brasileira. Embora a PNMA não mencione explicitamente, a natureza dos aterros hidráulicos, que envolvem a alteração de corpos d'água e a movimentação de sedimentos, os enquadra diretamente sob o escopo geral da PNMA. A aplicação dessa lei, no entanto, é indireta, dependendo de normas mais detalhadas, como as resoluções do CONAMA e as normas da ABNT, para operacionalizar seus princípios amplos.

A Lei nº 9.433/1997, conhecida como a "Lei das Águas" atua como um pilar fundamental para a sustentabilidade hidrológica em projetos de aterros hidráulicos. A intervenção direta em um corpo hídrico, inerente a um aterro hidráulico, aciona a aplicação dos instrumentos da PNRH. Isso força uma avaliação detalhada do impacto do projeto sobre os recursos hídricos, garantindo que a alteração do regime hídrico, a redução do volume de água ou a potencial poluição sejam consideradas e mitigadas.

As resoluções do CONAMA e as normas da ABNT (Quadro 3) desempenham um papel crucial ao detalhar e complementar as leis federais, fornecendo as diretrizes e requisitos técnicos específicos para o projeto, execução e controle de obras de engenharia e atividades ambientais.



Apesar da vasta gama de normas e resoluções, observa-se uma lacuna técnica: a inexistência de uma norma ABNT única e abrangente dedicada especificamente ao projeto e construção de aterros hidráulicos sobre corpos hídricos para expansão urbana.

Quadro 3 – Resoluções CONAMA e Normas ABNT para Aterros Hidráulicos

Norma/ Resolução (Nome, N° e Ano)	Foco Principal	Relevância Específica para Aterros Hidráulicos Urbanos sobre Corpos Hídricos
Resolução CONAMA n° 357/2005	Classificação de corpos d'água e padrões de lançamento de efluentes.	Define a qualidade da água dos corpos receptores e os requisitos para o descarte de efluentes gerados durante a obra.
Resolução CONAMA n° 369/2006	Casos excepcionais de intervenção ou supressão de vegetação em APPs.	Estabelece as condições rigorosas para a autorização de aterros em APPs, exigindo comprovação de ausência de alternativas e medidas compensatórias.
Resolução CONAMA n° 404/2008	Critérios para licenciamento ambiental de aterros sanitários de pequeno porte.	Se o aterro hidráulico envolver disposição de resíduos, seus princípios de licenciamento e controle ambiental (impermeabilização, efluentes) são aplicáveis.
Resolução CONAMA n° 454/2012	Gerenciamento de material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional.	Diretamente aplicável a aterros que utilizam material dragado, definindo critérios para seu uso com base na contaminação e incentivando o uso benéfico.
ABNT NBR 10004:2004	Classificação de resíduos sólidos.	Fundamental para caracterizar o material de aterro, especialmente se for de origem residual, e determinar sua destinação adequada.
ABNT NBR 13896:1997	Critérios para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos não perigosos.	Fornecer princípios de engenharia geotécnica e ambiental aplicáveis à construção e operação de aterros, incluindo seleção de local e drenagem.
ABNT NBR 15113:2004	Aterros de resíduos da construção civil e resíduos inertes.	Relevante se o aterro utilizar entulho ou solos de terraplenagem, com exigências para identificação, segregação e monitoramento.
ABNT NBR 6122:2019	Projeto e execução de fundações.	Essencial para garantir a estabilidade estrutural de construções sobre o aterro, especialmente em solos moles ou áreas alagadas.



ABNT NBR 11682:2009	Estabilidade de encostas e taludes.	Fornecer princípios para o estudo e controle da estabilidade de taludes em aterros, crucial para a segurança e durabilidade.
ABNT NBR 9820:1997	Coleta de amostras indeformadas de solo.	Essencial para as investigações geotécnicas do solo de fundação e do material de aterro.
ABNT NBR 7181:2016	Solo - Análise granulométrica.	Utilizada para caracterizar o material de aterro e o solo de fundação, influenciando o projeto geotécnico.
ABNT NBR 6484:2001	Execução de sondagens de simples reconhecimento dos solos.	Obrigatória para a investigação geotécnica do local do aterro, determinando tipo de solo, nível d'água e resistência.
ABNT NBR 12266:1992	Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana.	Relevante para o projeto dos sistemas de drenagem associados ao aterro.
ABNT NBR 13969:1997	Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos.	Pode ser relevante para o tratamento e disposição de efluentes sanitários em áreas impactadas pelo aterro.

Fonte: Elaborado pelos autores

A fragmentação legal sobre aterros hidráulicos urbanos provoca complexidade e desafios práticos na interpretação e aplicação das normas. A necessidade de articular diferentes dispositivos legais e regulamentos técnicos, muitas vezes não concebidos para aterros hidráulicos, pode levar a incertezas jurídicas, sobreposições de requisitos e lacunas regulatórias.

A dependência da legislação por analogia para projetos tão complexos é inadequada (Krell, 2021). As normas existentes, como as NBRs para aterro de resíduos ou para estabilidade de taludes são frequentemente aplicadas a aterros hidráulicos. No entanto, estas obras possuem características técnicas únicas, como o alto teor de água no material de preenchimento e o potencial de liquefação.

A aplicação de normas genéricas ou de outras tipologias de aterro pode subestimar ou negligenciar os riscos específicos e as complexidades inerentes aos aterros hidráulicos. Essa abordagem pode não cobrir adequadamente todas as fases do projeto, desde a origem do material até a estabilidade a longo prazo. Como consequência, podem ocorrer fragilidades nos processos de licenciamento, avaliação dos impactos e definição de medidas mitigadoras, comprometendo a



capacidade dos instrumentos de gestão ambiental de antecipar e controlar os efeitos decorrentes (Carvalho, 2026).

Além disso, a adoção de parâmetros normativos pouco aderentes às particularidades dos aterros hidráulicos pode gerar uma falsa percepção de segurança técnica, mascarando impactos cumulativos sobre os ecossistemas aquáticos e os serviços ecossistêmicos associados. Diante disso, torna-se fundamental o desenvolvimento de diretrizes específicas que reconheçam a complexidade dessas obras e incorporem uma abordagem integrada preventiva e adaptativa ao planejamento e a gestão territorial.

10 Considerações finais

Os resultados desta pesquisa revelaram que os aterros hidráulicos constituem intervenções de grande complexidade técnica, ambiental e territorial. A análise realizada demonstrou que, embora tais obras possam contribuir para melhoria do desenvolvimento urbano e econômico, sua implementação está associada a alterações significativas na dinâmica hidrológica, configuração dos ecossistemas aquáticos, prestação de serviços ecossistêmicos e impactos sociais.

Verificou-se, ainda, que a efetividade dos mecanismos de controle ambiental depende não apenas da existência de instrumentos legais e normativos, mas também da integração da capacidade institucional de planejamento, monitoramento e fiscalização ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento.

No entanto, algumas limitações foram reconhecidas. A disponibilidade restrita de informações sistematizadas sobre desempenho ambiental de aterros hidráulicos após a sua implantação, bem como a carência de estudos de monitoramento de longo prazo, que limita a compreensão mais abrangente dos impactos cumulativos e de sua efetividade ambiental.

Como perspectivas futuras, recomenda-se o desenvolvimento de pesquisas voltadas à avaliação dos impactos ambientais de longo prazo, a análise dos efeitos das mudanças climáticas sobre áreas aterradas e ao aprimoramento de metodologias de monitoramento ambiental voltada para essa prática. Também se mostra de grande relevância aprofundar estudos sobre governança ambiental, participação social e mecanismo de gestão adaptativa capazes de subsidiar processos decisórios mais transparentes.

Concernente às políticas públicas, os resultados evidenciam a necessidade de fortalecimento dos instrumentos de planejamento territorial e de gestão ambiental aplicáveis aos aterros hidráulicos. Destaca-se a importância da elaboração de diretrizes específicas para esse tipo de intervenção, ampliação dos mecanismos de monitoramento pós-implantação e integração entre políticas urbanas, ambientais, sociais e de recursos hídricos. Adicionalmente, recomenda-se que



os processos de licenciamento ambiental incorporem avaliação mais abrangentes dos impactos cumulativos, de modo a promover decisões mais alinhadas aos princípios da sustentabilidade territorial.

Entende-se que a crescente demanda por intervenções em ambientes costeiros, estuarinos e fluviais exige que as práticas de aterros hidráulicos sejam compreendidas não apenas como soluções de engenharia, mas como processos que envolvem várias dimensões ambientais, sociais, econômicas e institucionais. Dessa forma, a construção de modelos de desenvolvimento territorial mais sustentáveis depende da adoção de abordagens integradas, preventivas e participativas, capazes de conciliar necessidades urbanas com a conservação dos ecossistemas e manutenção das funções ambientais essenciais para as gerações presentes e futuras.

Referências

ALVIM, A. T. B.; KATO, V. R. C.; ROSIN, J. R. G. A urgência das águas: intervenções urbanas em áreas de mananciais. **Cadernos Metrópole**, São Paulo, v. 17, n. 33, p. 83–107, 2015. <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2015-3304> Acesso em: 19 mai. 2026.

AMARANTE, A. Infraestrutura e crescimento econômico regional: o efeito da pavimentação de rodovias interestaduais sobre a atividade econômica municipal na Região Sul do Brasil. **Revista Catarinense de Economia**, Santa Catarina, v. 1, n. 1, p. 28-51, 2017. <https://doi.org/10.54805/RCE.2527-1180.v1.n1.4> Acesso em: 19 mai. 2026.

BATISTA, P. A. S. Saneamento básico e violência: uma análise da relação entre infraestrutura urbana e segurança pública. **Revista ft: Ciências Sociais Aplicadas**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 145, 2025. <https://doi.org/10.69849/revistaft/ni10202504301436> Acesso em: 19 mai. 2026.

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. Tradução de Luís de Anteirola Reto e Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2011.

BIANCINI, A.; BARBOZA, E. G.; BITENCOURT, V. J. B.; KLEIN, A. P. O Licenciamento Ambiental e a Atividade de Alimentação Artificial de Praias: Canasvieiras e Ingleses – Ilha de Santa Catarina. **Pesquisas em Geociências**, [S. l.], v. 51, n. 1, p. e136654, 2024. <https://doi.org/10.22456/1807-9806.136654> Acesso em: 3 jun. 2026.

CARVALHO, W. D. S.; CUNHA, M. L. C.; AMARAL, I. D. C.; e MAGALHÃES FILHO, F. J. C. Valoração de serviços ecossistêmicos em uma bacia de abastecimento na Rota de Integração Latino-Americana. **Interações** (Campo Grande), v. 22, p. 869-881, 2021. <https://doi.org/10.20435/inter.v22i3.3041> Acesso em: 19 mai. 2026.

CARVALHO, A. B. J. Licenciamento ambiental e a realização do direito fundamental ao meio ambiente: limites, fragilidades institucionais e desafios normativos no Brasil. **Revista Ambientale**, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 158–170, 2026. <https://doi.org/10.48180/ambientale.v18i1.690> Acesso em: 3 jun. 2026.

CHRISTOFIDIS, D.; ASSUMPÇÃO, R. S. F. V.; KLIGERMAN, D. C. A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. **Saúde Debate**, Rio de Janeiro, v. 43, n. especial 3, p. 94–108, 2019. <https://doi.org/10.1590/0103-11042019s307> Acesso em: 19 mai. 2026.

CLEMENTINO, J. São Luís: cidade portuária em transformação. **Revista de Ciência & Tecnologia**, São Paulo, v. 21, p. 3-14, 2017. <https://doi.org/10.15600/2238-1252/rct.v21n41p19-30> Acesso em: 19 mai. 2026.

CRUZ, W. L.; SILVA, Q. D.; RIBEIRO, D. Q.; SANTANA, R. G. Análise do relevo do alto curso da bacia hidrográfica do rio anil (São Luís - MA) como subsídio para o planejamento ambiental. Anais do XIV ENANPEGE... Campina Grande: Realize Editora, 2021. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/78553> Acesso em: 19 mai. 2026.



DIAS, F. T.; PEREIRA, D. M.; GUERRA, J. B. S. O. A. Entre crescimento urbano e desenvolvimento sustentável: a urbanização, o problema ambiental e a nova agenda urbana. **Revista de Ciências da Administração**, v. 1, n. especial, p. 1–12, 2024. <https://doi.org/10.5007/2175-8077.2023.e96285> Acesso em: 19 mai. 2026.

DIAS, L. N.; TEIXEIRA, A. F.; SILVA, M. H. L.; CASTRO, A. C. L. Avaliação da qualidade ambiental da sub-bacia do rio das Bicas, ilha de São Luís – MA. REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA, [S. l.], v. 16, n. 2, 2024. DOI: 10.22411/1602.02. Disponível em: <https://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/784> Acesso em: 19 mai. 2026.

DIAS, L. N.; TEIXEIRA, A. F.; CARVALHO, M. R.; CASTRO, A. C. L. Expansão urbana e impactos nas bacias do Bacanga e do Anil: um olhar sobre o desenvolvimento sustentável em São Luís, Maranhão. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 19, n. 2, p. 102, 2025. <https://revista.ufrb.br/rga/article/view/8785> Acesso em: 3 jun. 2026.

DURÃES, R. C. F.; GOMES, A. J. L.; GOMES, J. L. S. Rebaixamento do lençol freático nos espaços urbanos da cidade de Montes Claros-MG. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 7, p. e20211730018-e20211730018, 2022. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i7.30018> Acesso em: 19 mai. 2026.

EVARISTO, A. C. P.; OLIVEIRA, A. R. O Crescimento Urbano Desordenado no Entorno das Nascentes Urbanas de Garanhuns/PE. **OLAM: Ciência & Tecnologia**, v. 19, n. 1, p. 164–173, 2024. <http://doi.org/10.5281/zenodo.14562920> Acesso em: 19 mai. 2026.

FERRARO, L. H. Sobre territórios, limites e relações físicas e visuais no Aterro da Baía Sul em Florianópolis, SC. **arq. urb.**, n. 27, jan- abr, 2020. <https://doi.org/10.37916/arq.urb.v27i.395> Acesso em: 19 mai. 2026.

FERREIRA, R. F. S.; NASCIMENTO, A. P. B.; YOSHIKAWA, N. K. O avanço imobiliário em áreas contaminadas: uma alternativa de urbanização sustentável sobre a perspectiva dos objetivos de desenvolvimento sustentável da agenda 2030. **Journal of Urban Technology and Sustainability**, v. 5, n. 1, p. 1-17, 2022. <https://doi.org/10.47842/juts.v5i1.39> Acesso em: 19 mai. 2026.

FREITAS, A. R. Degradação ambiental na bacia hidrográfica do Rio das Antas, Sudeste do Paraná: análise quantitativa e qualitativa mediante a utilização da metodologia do IDA. **Revista GEOgrafias**, v. 16, n. 1, p. 22-42, 2020. <https://doi.org/10.35699/2237-549X.2020.21485> Acesso em: 19 mai. 2026.

GOMES, A. H. P.; TROLLES, J. O.; NASCIMENTO, E. A. Recarga Artificial Do Lençol Freático Como Controle Dos Impactos Da Urbanização Na Bacia Hidrográfica. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], n. 1, 2004. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23612>. Acesso em: 19 mai. 2026.

GRISHIN, M. M. **Hydraulic structures**. Moscow: Mir Publishers, 1982. 2 v.

HAUG, Brendan. Water and power: Reintegrating the state into the study of Egyptian irrigation. **History Compass**, v. 15, n. 10, p. e12394, 2017. <http://dx.doi.org/10.1111/hic3.12394> Acesso em: 19 mai. 2026.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2022: favelas e comunidades urbanas: resultados do universo**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv102134.pdf>. Acesso em: 19 mai. 2026.

KRELL, A. J. A reduzida programação normativa das leis de proteção ambiental no Brasil e a sua interpretação metodicamente pouco organizada. **Jus Scriptum's International Journal of Law**, v. 6, n. 2, 2021. <https://doi.org/10.29327/238407.6.2-7> Acesso em: 3 jun. 2026.

LANDON, D.; TRIGG, H.; BAIN, A.; e MORIN, E. Urbanization and landscape change in early-eighteenth-century boston: the environmental archaeology of town dock. **Historical Archaeology**, v. 50, n. 1, p. 80-93, 2016. <https://doi.org/10.1007/BF03377178> Acesso em: 19 mai. 2026.

MARQUES, R. F. P. V.; SILVA, A. M.; RODRIGUES, L. S.; COELHO, G. Impacts of urban solid waste disposal on the quality of surface water in three cities of Minas Gerais - Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n. 6, p. 689-696, dez. 2012. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542012000600010> Acesso em: 19 mai. 2026.

MENEZES, M. L. P. O Aterro e o Parque do Flamengo. 50 anos de espaço público. Sucessos e conflitos. **Revista Bibliográfica de Geografia y Ciencias Sociales**, v. 22, n. 1.195, 2017. <https://doi.org/10.1344/b3w.0.2017.26422> Acesso em: 19 mai. 2026.

MOMM, S.; KINJO, V.; FREY, K. Weavings of planning and governance in the transformation of rivers in global metropolises: a reflection on international cases and ongoing cases in the São Paulo Macrometropolis (Brazil). **Cadernos MetrÓpole**, v. 22, p. 499-525, 2020. <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2020-4808> Acesso em: 19 mai. 2026.



MORETTI, M. R.; CRUZ, P. T. **Aterros hidráulicos e sua aplicação na construção de barragens.** In Cruz; P. T. (Org.). 100 barragens brasileiras: caso históricos, materiais de construção, projeto (2ª ed., cap.17, pp. 555-590). São Paulo: Oficina de textos, 1996.

MOROZ, C. B.; THIEKEN, A. H. Urban growth and spatial segregation increase disaster risk: lesson learned from the 2023 disaster on the North Coast of São Paulo, Brazil. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, v. 24, n. 9, p. 3299-3314, 2024. <https://doi.org/10.5194/nhess-24-3299-2024> Acesso em: 03 de jun. 2026.

NICOLETE, D. A. P.; PIROLI, E. L. Assessment of The Impact of Changes In Land Use and Land Cover on Surface Runoff. *Mercator (Fortaleza)*, v. 23, p. e23012, 2024. <https://doi.org/10.4215/rm2024.e23012> Acesso em: 19 mai. 2026.

NORBERTO, A. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. I.; BESERRA, L. B. S.; GUIMARÃES, L. J. N. Fissuras em aterros sobre solos moles: abordagens, mecanismo e influências. *Revista Semiárido De Visu*, v. 12, n. 2, p. 910-928, 2024. <https://doi.org/10.31416/rsdv.v12i2.1033> Acesso em: 19 mai. 2026.

NUNES, N. C.; ANGELINI, L. P.; ALVES, W. S.; CASTRO, R. M.; MORAIS, W. A.; MORAIS, N. G. Análise espaço-temporal da erosão hídrica por meio de modelagem e geotecnologias em bacias hidrográficas no Centro-Oeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 18, n. 2, p. 1465-1492, 2025. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v18.2.p1465-1492> Acesso em: 19 mai. 2026.

OLIVEIRA, Y. A.; MACHADO, D. B. P. Invisibilidade social e espacial em aterro metropolitano: o caso de Jardim Gramacho (RJ), Brasil. *Bitácora Urbano Territorial*, v. 32, n. 1, p. 163-176, 2022. <https://doi.org/10.15446/bitacora.v32n1.87530> Acesso em: 19 mai. 2026.

PASSOS, R. C. S.; DE PAULA COSTA, Eder Dion. Urbanização brasileira e vulnerabilidade socioambiental: saúde e desenvolvimento como liberdade. *Revista Brasileira de Direito Social*, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 62-72, 2024. Disponível em: <https://rbds.ieprev.com.br/rbds/article/view/323>. Acesso em: 3 jun. 2026.

PANCHAL, S.; DEB, D.; SREENIVAS, T. Mill tailings based composites as paste backfill in mines of U-bearing dolomitic limestone ore. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, v. 10, n. 2, p. 310-322, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jrmge.2017.08.004> Acesso em: 19 mai. 2026.

PAULO, R. F. **Crescimento urbano desordenado: o papel do Estado e da sociedade diante dos impactos socioambientais** [recurso eletrônico]. Porto Alegre, RS: Editora Fi, 2018. 173 p. Disponível em: <https://www.univem.edu.br/arquivos/Livro%20Rodolfo%20Fares.pdf> Acesso em: 19 mai. 2026.

PEREIRA, M. F. S.; NUNES, A. A. Impactos da urbanização no sistema de macrodrenagem: estudo hidráulico-hidroológico da bacia do Barro Preto – Mariana/MG. *Além dos Muros da Universidade*, v. 10, n. 1, p. 33-47, 2025. <https://doi.org/10.70615/alemur.v10i1.7754> Acesso em: 19 mai. 2026.

PORDEUS, A. B. P.; BARROS, A. S.; SANTOS, F. K. N.; SANTOS, F. M. N. Influência da disposição final de resíduos sólidos nos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró/RN. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, v. 17, n. 7, p. e8285, 2024. <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.7-133> Acesso em: 19 mai. 2026.

RIBEIRO, M. D.; ZILLI, C. A.; HOCHHEIM, N. Impacto econômico de inundações no valor dos imóveis na bacia do Rio Tubarão, Brasil. *Revista Valorem*, v. 3, n. 1, p. 1-15, 2024. <https://doi.org/10.29327/2290393.3.1-1> Acesso em: 19 mai. 2026.

RIGHETTO, A. M.; GOMES, K. M.; FREITAS, F. R. S. Poluição difusa nas águas pluviais de uma bacia de drenagem urbana. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 22, p. 1109-1120, 2017. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017162357> Acesso em: 19 mai. 2026.

SANTOS, A. H. S. Avaliação ex-post das consequências socioeconômicas do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional. *Cadernos de Finanças Públicas*, v. 21, n. 1, abr. 2021. <https://doi.org/10.55532/1806-8944.2021.128> Acesso em: 19 mai. 2026.

SAYD, J. L. C.; BRITTO, A. L. Obras hidráulicas e espaço urbano no estuário do rio Macaé. *In Situ – Revista Científica do Programa de Mestrado Profissional em Projeto, Produção e Gestão do Espaço Urbano*, v. 2, n. 2, p. 27-48, 2016. Disponível em: <https://revistaseletronicas.fiamfaam.br/index.php/situs/article/view/468> Acesso em: 19 mai. 2026.

SEGNOR, C. R.; REIS, A. F. Ocupação urbana e vulnerabilidade socioambiental na sub-bacia do rio Itacorubi, Florianópolis/SC. *Cadernos Metrópole*, [S. l.], v. 27, n. 64, 2026. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/metropole/article/view/74328> Acesso em: 3 jun. 2026.

SCHORN, F. A.; VIEIRA, R. Análises sobre a ocupação do solo em áreas urbanas de preservação permanentes e suscetíveis à inundação: estudo de caso no Vale do Itajaí, SC. *Urbe, Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 15, e20220110, ago. 2023. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.015.e20220110> Acesso em: 19 mai. 2026.



SILVA, J. B. V. **Tudo isso era maré: origens, consolidação e erradicação de uma favela de palafitas em São Luís do Maranhão.** 2016. 146 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Minas Gerais, Núcleo de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Belo Horizonte, 2016. <http://hdl.handle.net/1843/MMMD-AJJKW4> Acesso em: 19 mai. 2026.

SILVA, K. T. G.; LEAL, T. A.; LOUREIRO, A. F. C. Problemas causados por planos de drenagem inadequados das águas pluviais em área urbana. **Engenharias**, v. 27, e. 128, 2023. <http://doi.org/10.5281/zenodo.10213081> Acesso em: 19 mai. 2026.

SOUSA-FELIX, R. C.; FIGUEIREDO, C. M. S.; SOUSA, R. P. C. Urban Watershed Management In The Brazilian Amazon. **Mercator (Fortaleza)**, v. 24, p. e24002, 2025. <https://doi.org/10.4215/rm2025.e24002> Acesso em: 19 mai. 2026.

SOUZA, L. H. F.; RODRIGUES, S. C.; DANELON, J. R. B. Contribuições da Geomorfologia no contexto da modelagem hidrológico-hidráulica do escoamento superficial urbano. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, Brasil, v. 44, p. e225331, 2024. <https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2024.225331> Acesso em: 19 mai. 2026.

TEIXEIRA, A. F.; ROSA, D. T. V.; DIAS, L. N.; CASTRO, A. C. L. Impactos da ocupação humana na sub-bacia do Rio Maracanã, pertencente a bacia hidrográfica do Bacanga, ilha de São Luís - MA. **Revista Territorium Terram**, [S. l.], v. 7, n. 13, p. 574–586, 2024. Disponível em: http://www.seer.ufsj.edu.br/territorium_terram/article/view/5447. Acesso em: 19 mai. 2026.

TÔRRES, L. M. G.; PEIXOTO, F. S.; CASTRO, S. S. L.; SILVA, R. M.; SANTOS, C. A. G. Impact Of Land Use And Cover On Groundwater Quality, Challenges Of Scarcity And Contamination For Water Management In Brazilian Semi-Arid Cities. **Mercator (Fortaleza)**, v. 24, p. e24008, 2025. <https://doi.org/10.4215/rm2025.e24008> Acesso em: 19 mai. 2026.

TUAN, Yi-Fu. **Early Hydraulic Civilization in Egypt: A Study in Cultural Ecology.** Chicago: University of Chicago Press, 1976. Disponível em: https://isac.uchicago.edu/sites/default/files/uploads/shared/docs/early_hydraulic.pdf Acesso em: 19 mai. 2026.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas.** Programa de Modernização do Setor Saneamento, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades, 2005. Disponível em: https://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/coordenacao/grupos-de-trabalho/encerrados/residuos/documentos-diversos/outros_documentos_tecnicos/curso-gestao-do-territorio-e-manejo-integrado-das-aguas-urbanas/GestaoAguasPluviaisUrbanas.pdf/view Acesso em: 19 mai. 2026.

UFSC – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Programa Ecoando Sustentabilidade – PES. Nota Técnica PES nº05/2025: os aterros de praia e a saúde da população e do ambiente. Florianópolis: UFSC, 2025. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/265096/AlargamentoPraia2025_assinado.pdf. Acesso em: 03 de jun. 2026.

VILANI, R. M.; CRUZ, J. L. V.; PEDLOWSKI, M. A. O sal do porto: conflitos ambientais no Porto do Açu, Rio de Janeiro, Brasil. **Ambiente & Sociedade**, v. 24, p. e01901, 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20200190r1vu2021L5AO> Acesso em: 19 mai. 2026.

WU, S.; YUAN, B.; LIU, S.; WANG, Q.; LIU, J.; YAN, C.; HONG, H.; PAVAO-ZUCKERMAN, M. A.; LU, H. Urbanization-driven anthropogenic and environmental factors shape soil dissolved organic matter in mangrove ecosystems. **Ecosystem Health and Sustainability**, v. 10, p. 0154, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.34133/ehs.0154> Acesso em: 19 mai. 2026.

ZANELLA, J. R. D.; TOMAZONI, J. C.; DE AGUIAR, W. Determinação da Erosão e Transporte de Sedimentos em Bacia Hidrográfica do Sudoeste do Paraná. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 4, p. 2103–2118, 2023. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.4.p2103-2118> Acesso em: 19 mai. 2026.