ISSN:2594-6153

Drenagem sustentável e resiliência climática em lotes privados: o caso de Santos

Fernanda Rodrigues Alarcon[1]; Miguel Petrere Jr.[1,2]

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Santa Cecília (UNISANTA), Santos, SP, Brasil.
Programas de Pós-Graduação ECOMAR e Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Santa Cecília (UNISANTA), Santos, SP, Brasil.

E-mail: fernandaalarcon@santos.sp.gov.br

Resumo: Este estudo examina como o retrofit hidrológico de edifícios existentes pode complementar a drenagem pública em Santos/SP. Realizou-se revisão analítica de literatura e análise de legislação e documentos municipais. A impermeabilização, a ocupação de subsolos por garagens, a influência das marés e a proteção patrimonial dos canais limitam soluções baseadas apenas em infiltração ou ampliação de condutos. Propõe-se integrar telhados vegetados, reservatórios de detenção e operação orientada pelas marés à envoltória predial, sem transferir ao particular a responsabilidade pública. Conclui-se que a revisão dos Decretos nº 5.998/2011 e nº 6.044/2012 pode induzir desempenho hidrológico verificável e retrofit em zonas prioritárias.
Palavras-chave: mudanças climáticas; drenagem urbana sustentável; retrofit hidrológico; ocupação do subsolo; Santos.

Sustainable drainage and climate resilience in private lots: the case of Santos

Abstract: This study examines how hydrological retrofitting of existing buildings can complement public drainage in Santos, Brazil. An analytical literature review and an assessment of municipal legislation and documents were conducted. Imperviousness, basement parking, tidal influence and the heritage protection of drainage canals limit solutions based only on infiltration or enlargement of conduits. The study proposes integrating vegetated roofs, detention reservoirs and tide-informed operation into building envelopes without transferring public drainage responsibilities to private owners. It concludes that revising Municipal Decrees 5,998/2011 and 6,044/2012 can foster verifiable hydrological performance and retrofitting in priority areas.
Keywords: climate change; sustainable urban drainage; hydrological retrofit; underground occupation; Santos.

Introdução

Cidades costeiras enfrentam riscos combinados de chuva intensa, elevação do nível do mar e restrição da drenagem por marés altas [1]. Em Santos, esse quadro incide sobre área insular densamente urbanizada, com canais históricos de drenagem e elevada impermeabilização. O Plano de Ação Climática de Santos reconhece a necessidade de ampliar a resiliência da zona costeira e da infraestrutura urbana [2].

A ocupação intensiva do subsolo por garagens reduz a disponibilidade de solo contínuo para soluções que dependem de infiltração profunda. A Lei Complementar nº 1.187/2022 disciplina o uso e a ocupação da área insular, enquanto a verticalização e a produção imobiliária têm efeitos socioambientais relevantes para a cidade [3–5]. A proposta não é atribuir ao proprietário a responsabilidade pela drenagem pública, mas exigir que o lote adote medidas capazes de reduzir o volume e o pico do escoamento encaminhado à rede já sobrecarregada.

Objetivos

Sistematizar as condicionantes que limitam a drenagem convencional em Santos e propor diretrizes para o retrofit hidrológico de edifícios existentes, articuladas à revisão da regulação municipal.

Material e Métodos

Realizou-se ensaio teórico qualitativo, com revisão analítica de literatura sobre drenagem sustentável em áreas costeiras, retrofit predial e elevação do lençol freático. A análise documental abrangeu o PACS, a legislação de uso do solo, os Decretos nº 5.998/2011 e nº 6.044/2012 e os atos de preservação dos canais de Santos. A comparação foi orientada pelas condicionantes físicas, urbanísticas, patrimoniais e regulatórias locais.

Resultados

A capacidade de escoamento em cidades costeiras é condicionada pelo nível do mar. Estudos internacionais mostram que as fases astronômicas da maré podem agravar a inundação urbana em eventos de chuva, por efeito de represamento hidráulico [6]. A elevação do nível do mar também pode aproximar o lençol freático da superfície e limitar soluções baseadas exclusivamente em infiltração [7,8]. Esses resultados não são medidas locais de Santos, mas ajudam a explicar por que o projeto de drenagem costeira deve considerar a coincidência entre chuva intensa e maré alta.

Em Santos, os canais integram um sistema histórico protegido, o que restringe intervenções estruturais de grande porte e reforça a necessidade de controlar o escoamento antes de sua chegada à rede [9,10]. Os Decretos nº 5.998/2011 e nº 6.044/2012 tratam, respectivamente, da classificação de edifícios verdes e inteligentes e da retenção de águas pluviais; contudo, a regulação não relaciona de modo suficiente a classificação predial ao desempenho hidrológico verificável [11,12].

Tabela 1. Condicionantes e respostas de retrofit hidrológico para Santos.

Condicionante	Implicação para a drenagem	Diretriz proposta
Subsolos ocupados	Menor disponibilidade para infiltração profunda	Retenção na cobertura e em reservatórios prediais
Maré alta e chuva intensa	Escoamento restrito nos canais	Detenção com descarga compatível com condições hidráulicas favoráveis
Canais protegidos	Limites à ampliação de grande porte	Controle distribuído na fonte
Estoque edificado consolidado	Renovação urbana lenta	Retrofit de edificações existentes

Discussão

A drenagem sustentável em Santos requer complementaridade entre infraestrutura pública e soluções prediais. Jardins de chuva e biorretenção são úteis onde há solo disponível e condições adequadas de infiltração; entretanto, edifícios com subsolos ocupados exigem alternativas centradas na envoltória e na retenção temporária. Estudos sobre biorretenção mostram que o desempenho depende do dimensionamento, do meio filtrante, da vegetação e da manutenção [13]. Não se propõe a reprodução automática de soluções baseadas na natureza, mas sua adaptação às restrições de cada edifício.

O retrofit hidrológico pode combinar telhados vegetados, reservatórios de detenção, aproveitamento não potável quando tecnicamente viável e controle de descarga. A literatura sobre retrofit em escala destaca que a implementação depende de financiamento, capacidades técnicas, gestão condominial e instrumentos públicos de indução [14]. A contribuição do lote é complementar: a retenção temporária da água da chuva diminui a sobrecarga imediata da rede pública, sem substituir a responsabilidade municipal pela macrodrenagem.

A proposta é revisar os Decretos nº 5.998/2011 e nº 6.044/2012 para definir desempenho mínimo de retenção por área impermeabilizada, exigir soluções em reformas relevantes conforme o risco local e criar incentivos para edifícios existentes que implantem ou adequem caixas de retenção de águas pluviais, mediante comprovação de funcionamento e manutenção. Teixeira [4] evidencia limites da classificação vigente dos edifícios verdes e inteligentes; este estudo associa esse debate ao desempenho hidrológico e à condição costeira.

Considerações Finais

Santos não deve esperar a renovação natural do estoque edificado para aumentar sua resiliência. A ocupação do subsolo e a influência das marés exigem que edifícios existentes

participem da redução do escoamento gerado nos lotes. O retrofit hidrológico oferece resposta gradual, tecnicamente ajustável e complementar à macrodrenagem. Sua efetividade deverá ser validada por projetos-piloto monitorados, mas a atualização da regulação já pode estabelecer metas de retenção, critérios territoriais e incentivos para adaptação predial.

Referências

1. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability. Cambridge: Cambridge University Press; 2022. doi:10.1017/9781009325844.
2. Santos (SP). Plano de Ação Climática de Santos. Santos: Prefeitura Municipal de Santos; 2022. Disponível em: www.santos.sp.gov.br. Acesso em: 6 out. 2026.
3. Santos (SP). Lei Complementar nº 1.187, de 30 de dezembro de 2022. Disciplina o ordenamento do uso e da ocupação do solo na área insular do Município de Santos. Santos: Prefeitura Municipal de Santos; 2022.
4. Teixeira SAC. Sustentabilidade na produção imobiliária em Santos/SP: uma nova proposta de normatização dos edifícios verdes e inteligentes [dissertação]. São Paulo: Universidade São Judas Tadeu; 2025.
5. Ambrosio RP, Carriço JM. Ampliação dos impactos socioambientais negativos da legislação urbanística de Santos/SP. Risco Rev Pesqui Arquit Urbanismo. 2021;19:1-17. doi:10.11606/1984-4506.risco.2021.168649.
6. Dong L, Liu J, Zhou J, Mei C, Wang H, Wang J, et al. The influence of astronomical tide phases on urban flooding during rainstorms: application to Macau. J Hydrol Reg Stud. 2024;56:101998. doi:10.1016/j.ejrh.2024.101998.
7. Bosserelle AL, Morgan LK, Hughes MW. Groundwater rise and associated flooding in coastal settlements due to sea-level rise: a review of processes and methods. Earths Future. 2022;10(7):e2021EF002580. doi:10.1029/2021EF002580.
8. Geraldes A, Piqueiro F, Santos C, Matos C. Stormwater management in urban coastal areas: a review. Water. 2024;16(19):2717. doi:10.3390/w16192717.
9. Carriço JM. O Plano de Saneamento de Saturnino de Brito para Santos: construção e crise da cidade moderna. Risco Rev Pesqui Arquit Urbanismo. 2016;22:30-46. doi:10.11606/issn.1984-4506.v0i22p30-46.

10. São Paulo (Estado). Secretaria da Cultura. Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico. Resolução SC-23, de 16 de junho de 2006: tombamento do conjunto de obras de saneamento da Baixada Santista. São Paulo: CONDEPHAAT; 2006.
11. Santos (SP). Decreto nº 5.998, de 28 de novembro de 2011. Fixa requisitos para a classificação dos edifícios verdes e inteligentes. Santos: Prefeitura Municipal de Santos; 2011.
12. Santos (SP). Decreto nº 6.044, de 10 de janeiro de 2012. Disciplina os requisitos para implantação dos sistemas de retenção de águas pluviais. Santos: Prefeitura Municipal de Santos; 2012.
13. Davis AP. Field performance of bioretention: hydrology impacts. J Hydrol Eng. 2008;13(2):90-95. doi:10.1061/(ASCE)1084-0699(2008)13:2(90).
14. Wade F, Visscher H. Retrofit at scale: accelerating capabilities for domestic building stocks. Build Cities. 2021;2(1):800-811. doi:10.5334/bc.158.