

# Urbanização costeira e poluição marinha

Urbanización costera y polución marina

*Costal urbanization and marine pollution*

## AUTOR

**Denis Moledo de Souza Abessa\***

[denis.abessa@unesp.br](mailto:denis.abessa@unesp.br)

\* Professor associado na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp, Brasil).

## RESUMO:

Historicamente, as cidades litorâneas brasileiras foram estabelecidas sem um planejamento adequado, muitas vezes deixando de lado alguns aspectos básicos, como os sistemas de saneamento. Assim, esgotos e águas de drenagem urbanas frequentemente acabam despejados no mar, onde produzem impactos negativos sobre o ambiente, a saúde pública e a economia. A situação ainda é bastante complicada, dado o enorme atraso na adequação das cidades quanto à coleta e à disposição final dos esgotos, e um quadro ainda mais preocupante se refere às drenagens urbanas. É fundamental que seja dada prioridade ao saneamento das cidades costeiras, considerando os objetivos de sustentabilidade previstos na Agenda 2030.

## RESUMEN:

Históricamente, las ciudades costeras brasileñas se establecieron sin una planificación adecuada, frecuentemente dejando de lado algunos aspectos básicos, como los sistemas de saneamiento. Por lo tanto, las aguas residuales y de drenaje urbanas terminan en el mar, en la mayoría de los casos, donde producen impactos negativos sobre el medio ambiente, la salud pública y la economía. La situación sigue siendo bastante complicada, dado el enorme retraso en la adecuación de las ciudades respecto a la recogida y destino final de las aguas residuales, y un panorama aún más preocupante se refiere al drenaje urbano. Es fundamental que se dé prioridad al saneamiento en las ciudades costeras, considerando los objetivos de sostenibilidad establecidos en la Agenda 2030.

## ABSTRACT:

Historically, the Brazilian coastal cities have established and grown without proper planning. Some basic aspects were often left aside, such as the sanitation systems. Thus, waste waters and urban stormwater runoff normally end up being released into the sea, where they cause adverse impacts on the environment, public health and economy. This scenario remains quite complicated, as the improvement of the cities' infrastructure for collecting and treating waste waters is deeply delayed, and a more concerning picture refers to the urban drainage. It is necessary to prioritize the sanitation of Brazilian coastal cities, based on the sustainable development goals proposed in the Agenda 2030.

## 1. Introdução

No mundo, as regiões costeiras abrangem aproximadamente 10% da superfície do planeta, concentrando, porém, mais de 50% da população mundial (Barragán, 2014; Thia-Eng, 1993). No Brasil, a zona costeira abrange pouco mais de 25% da população brasileira, o que corresponde a aproximadamente 45 milhões de pessoas (IBGE, 2010), incluindo várias capitais, regiões metropolitanas, pólos industriais e zonas portuárias. Além disso, três grandes regiões metropolitanas localizam-se a menos de 100 km de distância do litoral, exercendo forte pressão sobre essas áreas, como é o caso de Porto Alegre, Curitiba e especialmente a Região Metropolitana da Grande São Paulo. As regiões costeiras, além de abrigar grandes cidades e metrópoles, também incluem múltiplas atividades econômicas, como agropecuária, indústrias, turismo, exploração de minérios, petróleo e gás, pesca, aquicultura, entre outras, causando impactos ambientais adversos e degradação ambiental (Halpern *et al.*, 2008), e gerando consequentemente conflitos sobre o uso dos recursos naturais.

Estes problemas se agravam devido ao desenvolvimento econômico acelerado e à rápida urbanização, que frequentemente ocorrem sem planejamento adequado ou sem a respectiva implantação de infra-estrutura básica (Scherer *et al.*, 2011), e normalmente se tornam mais críticos nos países em desenvolvimento, levando a uma piora de problemas pré-existentes, como fome, doenças, desemprego, pobreza, desigualdade social e crescimento populacional (Thia-Eng, 1993; Barragán, 2014). No entanto, as atividades humanas dependem dos recursos naturais e serviços ecossistêmicos existentes nas regiões costeiras, principalmente nos países em desenvolvimento (Chatwin, 2007), de modo que há grande necessidade de se estabelecer formas racionais e planejadas para o uso das zonas costeiras nesses países. Este ensaio visa apresentar, de forma sucinta, alguns aspectos relacionados com os impactos da urbanização sobre a qualidade das águas nos ambientes costeiros, considerando a importância do tema para a Década das Nações Unidas de Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável, também conhecida como Década dos Oceanos (UNESCO, 2021).

Uma decorrência do adensamento populacional da zona costeira e sua urbanização é a geração crescente de resíduos, assim como a alteração do escoamento superficial, pela impermeabilização do solo, instalação de obras e galerias pluviais, e desvios de cursos d'água (Abessa & Ambrozevicius, 2020). Como resultado desses processos e alterações, ocorre um aumento substancial do aporte de poluentes para o mar (Imagem 1). Entre os resíduos lançados no mar, destacam-se os esgotos domésticos (Lamparelli, 2006; Abessa *et al.*, 2012), que têm sido considerados a forma mais comum e generalizada de poluição nas regiões costeiras (Jiang *et al.*, 2001; Tuholske *et al.*, 2021), e as águas de drenagem urbana, cuja contribuição para a poluição marinha é conhecida (House *et al.*, 1993; Brudler *et al.*, 2019) mas ainda pouco estudada no Brasil (Ambrozevicius & Abessa, 2008).

Assim, uma consequência direta e facilmente visível do crescimento das cidades no litoral brasileiro é a degradação crescente da qualidade das águas das praias (Araújo & Costa, 2016; CETESB, 2022), com implicações sobre diversos campos, como saúde pública, turismo, pesca e aquicultura, e perda da biodiversidade e serviços ambientais.

## 2. O saneamento no litoral brasileiro e o contexto histórico

No Brasil, de modo geral, a conservação e a gestão dos recursos hídricos não têm sido historicamente considerados como um tema prioritário, de modo que as ações nesse sentido

### PALAVRAS-CHAVE

Saneamento;  
drenagem urbana;  
gestão costeira.

### PALABRAS CLAVE

Saneamiento;  
drenaje urbano;  
gestión costera.

### KEYWORDS

Sanitation; urban  
drainage, coastal  
management.

Recibido:  
04/04/2023

Aceptado:  
17/06/2021

foram em geral esparsas e nem sempre associadas a objetivos voltados ao bem-estar coletivo, saúde pública e conservação ambiental (Abessa & Ambrozevicius, 2020). Houve historicamente uma percepção, incorreta, de que as águas constituíam um recurso infinito, e que pela sua abundância, poderiam se auto-limpar e dispersar todos os resíduos lançados nas ruas, valas e nos próprios corpos d'água (ANA, 2007).

Embora não existam muitos registros históricos sobre o saneamento das cidades costeiras brasileiras no período colonial, sabe-se que após a vinda da família real para o Rio de Janeiro, em 1808, houve a criação das primeiras instituições e normas sobre uso das águas e a modernização das cidades (Fonseca & Prado-Filho, 2010; ANA, 2007). Nessa época, foram estabelecidos serviços de limpeza das casas e implantação de um sistema rudimentar para coleta de esgotos e águas pluviais (Marques, 1995; Silva, 1975), somente em algumas cidades, como o Rio de Janeiro. Muito depois, um serviço sanitário de inspeção foi criado nas cidades portuárias, devido a problemas de saúde pública e surgimento de epidemias, resultado das condições inapropriadas de saneamento (Rezende & Heller, 2002). Esse contexto mostra que o saneamento tem sido um tema desprezado ao longo da história do Brasil, o que ajuda a explicar o cenário atual. No século XX, a implementação de algumas normas legais, como o Código das Águas (Brasil, 1934), permitiu mais alguns avanços pontuais, e a situação só começou a evoluir, ainda que timidamente, no final do século, após a promulgação da Política Nacional do Meio Ambiente, da Constituição Federal de 1988, e de uma série de documentos legais tratando da gestão e conservação ambiental no país. Entretanto, nem sempre a legislação tem sido obedecida, e no que diz respeito ao saneamento, muitas cidades, inclusive os municípios costeiros, não têm conseguido atender a objetivos mínimos (ANA, 2017).

Hoje, no Brasil, apenas cerca de 50% da população têm acesso a esgoto coletado, e deste, somente 46% recebem algum tipo de tratamento (ANA, 2017; SNIS, 2019), o qual frequentemente é ineficaz para remover a maioria dos contaminantes presentes.

Infelizmente, nos últimos anos o Saneamento se manteve longe das prioridades de investimento governamental, de modo que o horizonte de universalização da implantação de sistemas de coleta e tratamento de esgotos ainda permanece muito distante. Um estudo recente realizado pelo Instituto Trata Brasil mostrou que os valores de investimentos necessários à universalização pelo PLANSAB nunca foram atingidos, em nenhum ano desde sua edição. Além disso, tem havido grande redução de 12,3% nos investimentos totais em água e esgoto no Brasil, especialmente em relação ao abastecimento de esgoto (Oliveira *et al.*, 2020). Portanto, o Saneamento no Brasil, e particularmente nas cidades costeiras, permanece como uma questão importante a ser resolvida, no sentido de transformação do país e sua busca por desenvolvimento e sustentabilidade no século XXI.

### 3. Poluição costeira

#### 3.1. Esgotos domésticos

Os esgotos representam uma das principais formas de poluição nos ambientes aquáticos adjacentes às áreas urbanas (Abessa *et al.*, 2012). Genericamente, apresentam uma composição típica, com altos teores de sólidos totais e nutrientes (carbono orgânico total, nitrogênio amoniacal, nitritos e nitratos,



Imagem 1. O despejo de resíduos urbanos nas praias, na forma de esgotos ou pelas drenagens urbanas, acaba poluindo as águas e causando uma série de impactos negativos. Foto: São Vicente, SP (Arquivo Pessoal).

fósforo orgânico e inorgânico, sulfetos, cloretos) e quantidades variáveis de contaminantes químicos, como metais, óleos e graxas, hidrocarbonetos, fármacos, inseticidas, e uma infinidade de outras substâncias (Rodgers-Gray *et al.*, 2000), algumas delas potencialmente tóxicas (Rachid *et al.*, 1998). Frequentemente, os sistemas de coleta de esgotos urbanos recebem contribuições de diferentes naturezas, como efluentes hospitalares, águas pluviais, resíduos de estabelecimentos comerciais e indústrias de pequeno porte, de modo que a composição final dos esgotos urbanos pode ser bastante complexa e variar muito (Abessa *et al.*, 2005; 2012). Além disso, os esgotos podem conter microplásticos e também uma grande quantidade de microrganismos, como bactérias, protozoários, vírus, fungos e leveduras, principalmente *Escherichia coli*, bactéria comumente encontrada no trato digestivo de mamíferos de sangue quente (Jiang *et al.*, 2001; Tuholske *et al.*, 2021). Diversos tipos de patógenos podem estar presentes nos esgotos, como aqueles causadores de diarreia, micoses, leptospirose, cólera, febre tifóide, teníase, ascariase, entre outras, conforme indicado por Abessa *et al.* (2012).

Os impactos ambientais gerados pelo lançamento de esgotos no mar são variados e potencialmente graves, seja em relação à biota seja em relação à saúde humana. A contaminação microbiológica, como mencionado, produz consequentes riscos à saúde pública, e podem também provocar fenômenos de doenças massivas em invertebrados e vertebrados marinhos, além da contaminação dos recursos pesqueiros e das áreas usadas para maricultura (Pereira *et al.*, 2004; Dickey & Plakas, 2010; Martinez & Oliveira, 2010). Essa contaminação também faz com que as praias se tornem impróprias para banho devido aos riscos de doenças (CETESB, 2010; 2022) (Imagem 2). O acréscimo de matéria orgânica e nutrientes no meio marinho, que pode levar à eutrofização (Lamparelli, 2006) e induzir à hipóxia ou mesmo à anóxia. Na sua forma mais grave e avançada, a eutrofização leva à formação de zonas mortas (Diaz & Rosenberg, 2008), as quais vêm se multiplicando ao redor do mundo, tendo sido já identificadas no Brasil (Dybas, 2005), como por exemplo, nas Baías de Santos (SP) e da Guanabara, justamente áreas cercadas por adensamentos urbanos. Outro problema grave envolve o lançamento de grandes quantidades de material sólido em suspensão, gerando aumento de turbidez, que por sua vez afeta a produção primária (Moser *et al.*, 2004) e os organismos filtradores, inclusive mexilhões e ostras, que possuem importância econômica e constituem fonte de proteínas para populações costeiras (Pereira *et al.*, 2004; Martinez *et al.*, 2010).

A contaminação química associada ao despejo de esgotos domésticos constitui também um problema sério e pouco compreendido. Como mencionado, o esgoto possui em sua composição uma extensa lista de substâncias químicas potencialmente tóxicas para a biota (Matthai & Birch, 2000; Swartz *et al.*, 1986), incluindo algumas relativamente bem conhecidas, como metais, detergentes, amônia e hidrocarbonetos (Abessa *et al.*, 2005; 2008a. 2008b). Porém, estudos recentes têm relatado a presença de um enorme conjunto de poluentes emergentes, como hormônios, inseticidas, fármacos e compostos de uso pessoal, drogas ilícitas, esteróis fecais, substâncias perfluoroalquiladas, alquilfenóis, entre outras (Fontes *et al.*, 2019; Mezzelani *et al.*, 2018). Estas substâncias têm sido identificadas em águas rasas próximas a áreas urbanas costeiras brasileiras (Pereira *et al.*, 2016; Santos *et al.*, 2018), sendo que muitas delas possuem longa persistência no ambiente, alta toxicidade e capacidade de causar desregulação endócrina nos organismos expostos.

O conjunto de impactos pode levar à inviabilização de alguns usos das águas marinhas, como a recreação



Imagem 2. O despejo de esgotos sem tratamento causa poluição fecal e contaminação por microrganismos patogênicos, com riscos à saúde pública. Este descarte é resultado da precariedade dos sistemas de coleta em áreas urbanizadas. Ubatuba, SP. (Arquivo pessoal).



por contato primário e secundário, a produção e a manutenção dos estoques pesqueiros para fins de pesca e aquicultura, a deterioração dos aspectos estéticos e paisagísticos, e os usos para fins de preservação do equilíbrio ecológico (Abessa *et al.*, 2012). Estes efeitos podem se tornar mais severos, quando combinados com outros impactos locais, como alta sedimentação costeira, e também com fenômenos globais, como aumento da temperatura e acidificação marinha, de modo que suas implicações envolvem diferentes dimensões, muitas delas pouco consideradas. Por exemplo, Rosenquist (2005) relata as consequências psicossociais associadas à falta de saneamento, porém estes temas não são bem estudados nas cidades litorâneas do Brasil, o que de certa forma faz com que estas questões não sejam levadas em consideração com a devida importância nas discussões sobre planejamento e urbanização no litoral brasileiro.

### 3.2. Drenagem urbana

Em condições naturais, o escoamento superficial de águas pluviais (*stormwater runoff*) nas zonas costeiras ocorre durante e após eventos de precipitação intensa quando a água não consegue percolar no subsolo, gerando fluxos que são transportados superficialmente, e que geralmente deságuam no mar (USEPA, 1993). Porém, a instalação de ocupações humanas, que utilizam água e impermeabilizam o solo, causa modificações no escoamento superficial (Ahn *et al.*, 2005).

As águas pluviais urbanas, após caírem sobre superfícies impermeáveis como ruas, telhados, calçadas, pátios industriais, estacionamentos, estradas ou áreas em obras, podem carrear diferentes contaminantes (Bartlett *et al.*, 2012). Outras fontes podem contribuir com a contaminação, como águas provenientes de jardinagem; lavagem de carros, ruas e calçadas; drenagem de edificações (Liu *et al.*, 2011), ou mesmo ligações irregulares de esgoto (Hathaway & Hunt, 2011), o que é comum no litoral brasileiro (Imagem 3). Nas cidades litorâneas, esse volume acaba sendo lançado diretamente no mar, seja pelo escoamento superficial, seja através de galerias pluviais ou de rios e riachos de desaguam no oceano. De acordo com Jordão e Pessoa (1995) em áreas onde não há uma limpeza pública adequada, após uma chuva, o *runoff* proveniente da lavagem das ruas pode ser tão danoso quanto o esgoto bruto, o que, em municípios costeiros, pode prejudicar severamente a balneabilidade das praias e afetar a saúde e o bem-estar humano, como demonstrado em monitoramentos costeiros (CETESB, 2011).

No entanto, ainda poucos países, como EUA e os Tigres Asiáticos, têm começado a considerar as águas de drenagem urbana de cidades litorâneas como fontes importantes de poluição marinha (Lee & Bang, 2000; Wei *et al.*, 2010; McCarthy *et al.*, 2012), embora essa seja uma fonte reconhecida de contaminação fecal (CETESB, 2011). No Brasil, alguns poucos estudos sobre o tema estão disponíveis. Ambrozevicus e Abessa (2008) analisaram a contribuição da drenagem urbana de Santos (litoral de SP) para a toxicidade de águas marinhas, enquanto Saes (2014) observou que a drenagem urbana de praias de Fortaleza (CE) carregavam contaminantes e possuíam carga tóxica. Nessa mesma cidade, trabalhos preliminares apontaram a drenagem pluvial como a maior fonte de contaminação fecal as suas praias (Vieira *et al.*, 2002; Vieira *et al.*, 2011; Pereira, 2012). Em Recife (PE), Aureliano (2000) mostrou que mais de 50% do potencial de perda de balneabilidade se deviam à drenagem das galerias pluviais. Já Araújo *et al.* (2011) demonstraram que a maior contribuição de contaminação fecal para as praias de Natal (RN) estava associada com o deságue de redes de drenagem e esgotos diretamente nas praias.

Além da contaminação fecal, a drenagem pluvial pode carrear sedimentos (Jartun *et al.*, 2008), sólidos em suspensão (Reifel *et al.*, 2009), matéria orgânica (Perryman *et al.*, 2011), metais (Brix *et al.*, 2010; Davis



Imagem 3. A drenagem urbana das cidades litorâneas brasileiras, na forma em que é planejada e implementada, faz que com as águas de drenagem se tornem fontes difusas para grandes quantidades de poluentes, prejudicando a qualidade das águas costeiras. Florianópolis, SC. (Arquivo pessoal).

& Birch, 2010), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (Brown & Peake, 2006; Watts *et al.*, 2010; Ribeiro *et al.*, 2012) e nutrientes (Roberts & Prince, 2010; Moore *et al.*, 2011; White & Cousins, 2013), podendo portanto causar efeitos similares àqueles observados onde há poluição por esgotos domésticos.

O Brasil não possui legislação específica para o lançamento ou o tratamento das águas de drenagem pluviais, que ainda são lançadas livremente nos corpos d'água sem nenhum controle, monitoramento ou preocupação quanto à contaminação (Saes, 2014). Esta situação é bem distinta dos esgotos domésticos, para os quais existem legislações nos níveis Federal e Estaduais, como por exemplo, as Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA No 357/2005 e 430/2011, que tratam do lançamento de efluentes em corpos de água doce e marinha (Brasil, 2005; Brasil, 2011).

#### 4. Desafios do saneamento nos Espaços Urbanos Costeiros

A maioria das cidades localizadas na zona costeira, incluindo as capitais, já possui uma situação consolidada de ocupação e urbanização, ainda que restem porções significativas, dependendo do município, de áreas com ocupação irregular, onde o poder público não pode oferecer os serviços de saneamento (ANA, 2017). Nessas áreas regularizadas e consolidadas, percebe-se que historicamente a prioridade foi dada à implantação do abastecimento de água, no que diz respeito ao saneamento, ou outros serviços públicos, como fornecimento de eletricidade e telefone. Muitas áreas urbanas foram ocupadas sem contar com rede coletora de esgotos, de modo que os resíduos gerados eram (e em muitos casos ainda são) dispostos por meio de fossas comuns, infiltração no solo, descarte em valas ou diretamente nos corpos d'água (ANA, 2017; SNIS, 2019). Nessas áreas onde não há coleta dos esgotos, uma parcela das residências apresenta fossas sépticas, que reduzem, mas não eliminam, os impactos sobre os recursos hídricos. Nestas áreas, a solução do problema se torna complexa por uma série de fatores, que incluem os gastos relativos a obras de instalação da rede coletora, os transtornos na área urbana durante as obras (pela necessidade de quebrar ruas e calçadas para instalação das rede e interceptores), ainda que provisórios, e as necessidades de estimular os cidadãos a conectarem suas residências à rede, após sua instalação. O pagamento pelo serviço de coleta e tratamento de esgoto também pode ser percebido pela população como um aspecto negativo, como observado na China (Gu *et al.*, 2015).

Por outro lado, nas áreas onde as ocupações são irregulares, existe a necessidade urgente da criação de planos de habitação, visando retirar os moradores da condição de ilegalidade, para que o poder público possa oferecer os serviços públicos. Este ponto também é sensível, já que muitas áreas de habitação irregular estão em encostas, beiras de rio ou manguezais, e portanto, em desacordo com legislações ambientais ou mesmo leis municipais de uso do solo e planos diretores (Souza & Gastaldini, 2014). Nesse sentido, a regularização fundiária deve ser cuidadosa, buscando conciliar os objetivos sociais e ambientais, como também apontado pelas autoras citadas acima.

De qualquer forma, a instalação de redes coletoras de esgoto nas áreas urbanas é um ponto crucial no sentido de reverter os vários problemas causados pela falta de saneamento nas cidades. É de fato assustador que, em pleno século XXI, apenas 50% da população brasileira tenham seus esgotos coletados, e que somente parte desses resíduos seja tratada (ANA, 2017; SNIS, 2019). Nesse sentido, nota-se o quanto o Brasil ainda necessita percorrer para tornar-se um país desenvolvido e socialmente menos desigual, uma vez que parcela importante da população não possui total acesso a serviços básicos de saneamento. Além disso, o planejamento das novas áreas de expansão urbana deve ser feito considerando a proteção dos corpos d'água, conforme preconizado nas legislações nacionais (nos âmbitos federal, estadual e municipal) e nos planos de bacia hidrográfica. Assim, idealmente novas ocupações só deveriam ocorrer em áreas onde já existam implantados os sistemas de coleta e tratamento de esgoto, evitando a poluição subsequente de águas subterrâneas e superficiais.

Outro desafio importante diz respeito ao tratamento e disposição dos esgotos urbanos. Uma solução usada com alguma frequência em algumas cidades costeiras brasileiras para gerenciar os esgotos são os emissários submarinos (Abessa *et al.*, 2005). No Brasil, os emissários coletam os esgotos da área urbana,

realizam um pré-condicionamento para remoção da areia, e eventualmente de óleos e graxas, fazer algum tipo desinfecção, e em seguida lançam o efluente no mar (Rachid *et al.*, 1998). Estudos têm mostrado que estes lançamentos causam contaminação da zona marinha adjacente (Jiang *et al.*, 2001; Tuholkske *et al.*, 2021), sendo recomendado o tratamento secundário dos esgotos antes do descarte, a exemplo das normas estabelecidas pela União Europeia, por meio da Directiva 91/271/CEE do Conselho das Comunidades Europeias (CEE, 1991). Outra solução, bem menos frequente no Brasil, envolve o tratamento secundário ou terciário, dos esgotos, visando reduzir drasticamente a carga de poluentes, nutrientes e patógenos, lançando o efluente tratado em rios costeiros. As duas soluções para disposição final envolvem gastos elevados, na construção e operação das estações, no entanto os ganhos diretos e indiretos da eliminação da poluição podem ser muito maiores e reverterem de forma positiva para as cidades costeiras, pela redução de doenças, estímulo e valorização do turismo, aumento do bem estar para moradores e turistas, incrementos na pesca, entre outros. Por outro lado, há iniciativas em vários países, buscando estudar, desenvolver e implantar novas tecnologias para tratamento de esgotos domésticos, incluindo abordagens de fitorremediação e tratamento em áreas úmidas (*wetlands*) (Silva *et al.*, 2015; Valiela & Vince, 1976), que podem oferecer inúmeras vantagens e menores custos em comparação com as tecnologias convencionais.

Em relação às águas de drenagem urbana, os desafios são ainda maiores do que aqueles mencionados para o esgoto (Reifel *et al.*, 2009), embora existam muitas similaridades entre ambos. Um dos problemas relacionados a esse tema foi a adoção, no Brasil, cuja linha de costa ocorre, em maior parte, em ambientes quentes e chuvosos, de modelos de drenagem europeus, inadequados para as condições nacionais, tropicais quentes e úmidas (Von Sperling & Chernicharo, 2005).

Nos centros urbanos europeus, a coleta de esgoto é geralmente associada à drenagem pluvial, e é comum que ambos os efluentes sejam encaminhados a um mesmo sistema de tratamento (Von Sperling & Chernicharo, 2005). No Brasil, devido à alta pluviosidade e frequência de eventos extremos de precipitação, torna-se complicado misturar as águas de chuva com os esgotos, sendo necessária a adoção de outras alternativas (Tsutiya & Bueno, 2004; Pereira, 2012). Uma solução possível é a implantação de um sistema de drenagem independente, que possibilite o tratamento das águas de drenagem urbana, e eventualmente o seu reuso. No entanto, a solução mais comumente adotada no Brasil é o despejo das águas pluviais diretamente nos corpos d'água, sem nenhum tratamento (ANA, 2017; Saes, 2014). Nesse sentido, a solução para o problema requer reformas profundas nas redes de drenagem urbanas nas cidades litorâneas, e em muitos casos, a sua instalação. De todo modo, as políticas de planejamento urbano e gestão costeira nas cidades costeiras do Brasil devem passar a considerar de forma mais adequada, as águas de drenagem urbana, em especial o fato dessas águas constituírem fontes difusas de poluição marinha.

Por fim, é necessário que o Brasil invista em pesquisas nos temas relativos ao saneamento das áreas costeiras. Embora poucos dados estejam disponíveis sobre investimento em Ciência e Tecnologia (C&T) voltada ao tema, um levantamento de dados realizado por Santos (2012) demonstrou grande oscilação nos volumes investidos no CT-Hidro, fundo setorial nacional relacionado com a água. O autor chegou a demonstrar uma drástica redução de montantes, projetos e pesquisadores, entre 2006 e 2008. Assim, as demandas atuais requerem investimentos em diferentes temas, como diagnósticos e monitoramentos do real estado da qualidade das águas, considerando a poluição microbiológica e a presença de patógenos, o grau de eutrofização, a presença de contaminantes, inclusive os poluentes emergentes, e os riscos ecológicos relacionados a estas substâncias; a identificação de alvos biotecnológicos para desenvolvimentos de novas ferramentas para remoção de contaminantes e tratamento de efluentes; pesquisas sociais sobre impactos e percepção da poluição costeira por esgotos; levantamentos de saúde pública e benefícios decorrentes, incluindo a saturação de serviços do SUS; informações econômicas sobre impactos da poluição e ganhos potenciais para os diversos setores econômicos no caso da redução/eliminação da poluição; entre outros.

## 5. Saneamento e ODS

O Saneamento encontra-se explicitamente abarcado nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) como um ODS específico (ODS-6 – Água Potável e Saneamento), o qual, envolve alcançar, até 2030, o acesso universal e equitativo a água potável e segura para todos, o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas, entre outros objetivos específicos. Nas zonas costeiras, esta questão também está relacionada diretamente com o ODS-14 (Vida na Água), que inclui a conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável, considerando a redução da eutrofização e das demais formas de poluição marinha (ver detalhes em <https://odsbrasil.gov.br/>). Porém, este tema se relaciona indiretamente com muitos outros ODS, como por exemplo ODS-1 (Erradicação da Pobreza), ODS-3 (Saúde e Bem Estar), ODS-11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis), estando também abarcado na Constituição Federal Brasileira, dentro do capítulo 225.

Entretanto, o Brasil ainda parece estar distante de alcançar os objetivos da Agenda 2030 referentes ao Saneamento das cidades costeiras, por problemas de instabilidade política a pouca efetividade de governança, de forma bastante similar à observada pelo Professor Adalberto Luís Val para a conservação da Amazônia, em artigo recente (Val, 2019). Igualmente, a desconstrução das leis ambientais (Abessa *et al.*, 2019) e redução dos investimentos em C&T podem impedir que os objetivos sejam alcançados, revertendo os avanços conseguidos nas últimas décadas, sendo urgente que esta situação seja alterada, com a retomada dos investimentos e a reconstrução das bases para a conservação costeira e implantação ou modernização dos sistemas de saneamento nas áreas urbanas costeiras do Brasil. O oceano, incluindo a zona costeira, é fonte de vida e divisas, constituindo um patrimônio nacional, devendo ser tratado e gerenciado como tal.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abessa, D. M. S., & Ambrozevicius, A. P. (2020). Government initiative and policies on water conservation and wastewater treatment in Brazil. In P. Singh, Y. Milshina, K. Tian, D. Gusain, & J. Bassin (Eds). *Water Conservation and Wastewater Treatment in BRICS Nations Technologies, Challenges, Strategies and Policies*. Elsevier (Cap. 10, pp. 215-231). Amsterdam/Oxford/Cambridge. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818339-7.00010-2>
- Abessa, D. M. S., Carr, R. S., Rachid, B. R. F., Sousa, E. C. P. M., Hortelani, M. A., & Sarkis J. E. (2005). Influence of a Brazilian sewage outfall on the toxicity and contamination of adjacent sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 50, 875-85.
- Abessa, D. M. S., Carr, R. S., Sousa, E. C. P. M., Rachid, B. R. F., Zaroni, L. P., Pinto, Y. A. & Gasparro, M. R. (2008). Integrative ecotoxicological assessment of a complex tropical estuarine system. In T. N. Hoffer (Ed., pp. 125-159). *Marine Pollution: new research*. New York: Nova Science Publishers Inc..
- Abessa, D. M. S., Imai, R. S., & Harari, J. (2008). Toxicidade da Água na Baía de Santos. In E. S. Braga (Org., pp. 659-668). *Oceanografia e mudanças globais*. São Paulo: IOUSP.
- Abessa, D. M. S., Rachid, B. R. F., Moser, G. A., & Fernandes, A. J. C. (2012). Efeitos ambientais da disposição oceânica de esgotos por meio de emissários submarinos. *O Mundo da Saúde*, 36(4), 643-661.
- Abessa, D., Famá, A., & Buruaem, L. (2019). The systematic dismantling of Brazilian environmental laws risks losses on all fronts. *Nature Ecology & Evolution*, 3(4), 510-511. <https://doi.org/10.1038/s41559-019-0855-9>
- Agência Nacional de Águas (2007). History of the use of water in Brazil. From the discovery to the 20th century. ANA – Gráfica e Editora Athalaia.
- Agência Nacional de Águas (2017). Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas. Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília, DF. Recuperado em 29 de março de 2023, de [https://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/ATLASESGOTOSDespoluicaoDeBaciasHidrograficas-ResumoExecutivo\\_livro.pdf](https://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/ATLASESGOTOSDespoluicaoDeBaciasHidrograficas-ResumoExecutivo_livro.pdf).
- Ahn, J. H., Grant, S. B., Surbeck, C. Q., Digiacomo, P. M., Nezhin, N. P., & Jiang, S. (2005). Coastal water quality impact of stormwater runoff from an urban watershed in southern California. *Environmental Science Technology*, 39, 5940-5953.
- Ambrozevicius, A .P., & Abessa, D. M. S. (2008). Toxicity of the urban drainage channels of Santos (São Paulo, Brazil). *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 3(2), 108-115.
- Araújo, A. L. C., Melo, L. E. L., & Diniz, R. F. (2011). A influência da estação chuvosa na balneabilidade. XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais..., Porto Alegre, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES.
- Araújo, M. C. B., & Costa, M. F. (2016). Praias Urbanas: o que há de errado com elas?. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*, 11(5), 51-58.
- Aureliano, J. T. (2000). Balneabilidade das praias de Pernambuco: o núcleo metropolitano. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.
- Barragán, J. M. (2014). *Política, Gestión y Litoral: una nueva visión de la Gestión Integrada de áreas litorales*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Oficina regional de ciencia para America Latina y el Caribe. Editorial Tébar Flores.
- Bartlett, A. J., Rochfort, Q., Brown, L. R., & Marsalek, J. (2012). Causes of toxicity to *Hyalella azteca* in a stormwater management facility receiving highway runoff and snowmelt. part II: Salts, nutrients, and water quality. *Science of the Total Environment*, 414, 238-247.
- Decreto nº 24.643, de 10 de Julho de 1934. Decreta o Código das Águas, Brasília, DF, Brasil. Recuperado em 13 de julho de 2019, de [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/d24643.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm).
- Brasil, República Federativa. Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005. (2005). Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais que estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, Edição nº 53 de 18/03/2005, pp. 58-63.
- Brasil, República Federativa. (2011). Resolução Conama nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. *Diário Oficial da União*, Brasília, Edição nº 92 de 16/05/2011, p. 89.
- Brix, K. V., Keithly, J., Santore, R. C., Deforest, D. K., & Tobiasson, S. (2010). Ecological risk assessment of zinc from stormwater runoff to an aquatic ecosystem. *Science of the Total Environment*, 408, 1824-1832.
- Budler, S., Rygaard, M., Arnbjerg-Nielsen, K., Hauschild, M. Z. C., Ammitsøe, C., & Vezzaro, L. (2019). Pollution levels of stormwater discharges and resulting environmental impacts. *Science of the Total Environment*, 663, 754-763
- Brown, J. N., & Peake, B. M. (2006). Sources of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in urban

- stormwater runoff. *Science of the Total Environment*, 359, 145-155.
- CEE. 1991. Directiva 91/271/CEE do Conselho, de 21 de Maio de 1991, relativa ao tratamento de águas residuais urbanas. Recuperado em 16 de junho de 2021, de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:31991L0271&from=EN>.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2011). Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo: relatório 2010. São Paulo: CETESB, 298p.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2022). Qualidade das praias litorâneas no estado de São Paulo 2021. São Paulo: CETESB, 113p.
- Chatwin, A. (2007). *Priorities for coastal and marine conservation in South America*. The Nature Conservancy, Arlington, USA.
- Davis, B., & Birch, G. (2010). Comparison of heavy metal loads in stormwater runoff from major and minor urban roads using pollutant yield rating curves. *Environmental Pollution*, 158, 2541-2545.
- Diaz, R. J., & Rosenberg, R. (2008) Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science*, 321(5891), 926-929.
- Dickey, R. W., & Plakas, S. M. (2010). Ciguatera, a Public Health Perspective. *Toxicology*, 56, 123-36.
- Dybas, C. L. (2005). Dead zones spreading in world oceans. *BioScience*, 55(7), 552-557.
- Fonseca, A., & Prado Filho, J. F. (2010). Um esquecido marco do saneamento no Brasil: o sistema de águas e esgotos de Ouro Preto (1887-1890). *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 17(1), 51-66. <https://dx.doi.org/10.1590/S0104-59702010000100004>
- Fontes, M. K., Campos, B. G., Cortez, F. S., Pusceddu, F. H., Moreno, B. B., Maranhão, L. A., Lebre, D. T., Guimarães, L. L., & Pereira, C. D. S. (2019). Seasonal monitoring of cocaine and benzoylecgonine in a subtropical coastal zone (Santos Bay, Brazil). *Marine Pollution Bulletin*, 149, 110545. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110545>
- Gonçalves, F. B., & Souza, A. P. (1997). *Disposição Oceânica de Esgotos Sanitários. História, Teoria e Prática*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária.
- Gu, Q., Chen, Y., Pody, R., Cheng, R., Zheng, X., & Zhang, Z. (2015). Public perception and acceptability toward reclaimed water in Tianjin. *Resources, Conservation and Recycling*, 104(Part A), 291-299.
- Halpern, B. S., Walbridge, S., Selkoe, K. A., Kappel, C. V., Micheli, F., D'agrosa, C., Bruno, J. B., Casey, K. S., Ebert, C., Fox, H. E., Fujita, R., Heinemann, D., Lenihan, H. S., Madin, E. M. P., Perry, M. T., Selig, E. R., Spalding, M., Steneck, R., & Watson, R. (2008). A global map of human impact on marine ecosystems. *Science*, 319, 948-952.
- Hathaway, J. M., & Hunt, W. F. (2011). Evaluation of first flush for indicator bacteria and total suspended solids in urban stormwater runoff. *Water Air and Soil Pollution*, 217, 135-147.
- House, M. A., Ellis, J. B., Herricks, E. E., Hvitved-Jacobsen, T., Seager, J., Lijklema, L., Aalderink, H., & Cliffordell, I. T. (1993). Urban drainage - impacts on receiving water quality. *Water Science and Technology*, 27(12), 117-158.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). Censo 2010. Recuperado em 16 de junho de 2021, de <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados>.
- Jartun, M., Ottesen, R. T., Steinnes, E., & Volden, T. (2008). Runoff of particle bound pollutants from urban impervious surfaces studied by analysis of sediments from stormwater traps. *Science of the Total Environment*, 396, 147-163.
- Jiang, Y., Kirkman, H., & Hua, A. (2001). Megacity development: managing impacts on marine environments. *Ocean & Coastal Management*, 44(5-6), 293-318.
- Lamparelli, C. C. (2006). Desafios para o licenciamento e monitoramento ambiental de emissários: a experiência de São Paulo. *Emissários submarinos: projeto, avaliação de impacto ambiental e monitoramento*. São Paulo (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. CETESB. São Paulo.
- Lee, J. H., & Bang, K. W. (2000). Characterization of urban stormwater runoff. *Water Research*, 34, 1773-1780.
- Liu, Y., Soonthornnonda, P., Li, J., & Christensen, E. R. (2011). Stormwater runoff characterized by GIS determined source areas and runoff volumes. *Environmental Management*, 47, 201-217.
- Marques, E. C. (1995). Da higiene à construção da cidade: o Estado e o saneamento no Rio de Janeiro. *História, Ciências, Saúde - Manguinhos*, Rio de Janeiro, 2(2), 51-67.
- Martinez, D.I., & Oliveira, A.J.F.C. (2010). Faecal bacteria in *Perna perna* (Linnaeus, 1758) (Mollusca: Bivalvia) for biomonitoring coastal waters and seafood quality. *Brazilian Journal of Oceanography*, 58(SI), 29-35.
- Mccarthy, D. T., Hathaway, J. M., Hunt, W. F., & Deletic, A. (2012). Intra-event variability of *Escherichia coli* and total suspended solids in urban stormwater runoff. *Water Research*, 46, 6661-6670.
- Mezzelani, M., Gorbi, S., & Regoli, F. (2018). Pharmaceuticals in the aquatic environments: Evidence of emerged threat and future challenges for marine organisms. *Marine Environmental Research*, 140, 41-60. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2018.05.001>
- Moore, T. L. C., Hunt, W. F., Burchell, M. R., & Hathaway, J.M. (2011). Organic nitrogen exports from urban stormwater wetlands in North Carolina. *Ecological Engineering*, 37, 589-594.

- Moser, G. A. O., Sigaud-Kutner, T. C. S., Cattena, C. O., Giancesella, S. M. F., Braga, E. S., & Schinke, K. P. (2004). Algal growth potencial as an index of eutrophication degree in coastal areas under sewage disposal influence. *Aquatic Ecosystem Health Management*, 7(1), 115-26.
- Oliveira, G., Scazufca, P., & Sousa, M. O. M. (2020). Cenário para investimentos em saneamento no Brasil após a aprovação do novo marco legal. Relatório Técnico. GO Associados. São Paulo. Recuperado em 16 de junho de 2021, de [http://www.tratabrasil.com.br/images/estudos/Relato%CC%81rio\\_Completo.pdf](http://www.tratabrasil.com.br/images/estudos/Relato%CC%81rio_Completo.pdf).
- Pereira, S. P. (2012). Modelagem da qualidade bacteriológica das águas costeiras de Fortaleza (Nordeste do Brasil). Tese de doutorado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil.
- Pereira, C. D. S., Maranhão, L. A., Cortez, F. S., Pusceddu, F. H., Santos, A. R., Ribeiro, D. A., Cesar, A., & Guimarães, L. L. (2016). Occurrence of pharmaceuticals and cocaine in a Brazilian coastal zone. *Science of the Total Environment*, 548, 148-154. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.051>
- Pereira, C. S., Possas, C. A., Viana, C. M., & Rodrigues, D. P. (2004). *Aeromonas* spp. e *Plesiomonas shigelloides* isoladas a partir de mexilhões (Perna perna) in natura e pré-cozidos no Rio de Janeiro, RJ. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 24(4), 562-566.
- Perryman, S. E., Rees, G. N., Walsh, C. J., & Grace, M. R. (2011). Urban stormwater runoff drives denitrifying community composition through changes in sediment texture and carbon content. *Microbial Ecology*, 61, 932-940.
- Rachid, B. R. F., Sousa, E. C. P. M., David, C. J., & Abessa, D. M. S. (1998). Ensaio de toxicidade utilizando efluentes domésticos lançados através de emissários submarinos na Baixada Santista. Anais do 4º Simpósio de Ecossistemas Brasileiros. Águas de Lindoia, SP. *Publ. ACIESP*, 7(104), 378-385.
- Reifel, K. M., Johnson, S. C., Digiacomio, P. M., Mengel, M. J., Nezhin, N. P., Warrick, J. A., & Jones, B. H. (2009). Impacts of stormwater runoff in the Southern California Bight: relationships among plume constituents. *Continental Shelf Research*, 29, 1821-1835.
- Rezende, S. C., & Heller, L. (2002). *O saneamento no Brasil: políticas e interfaces*. Belo Horizonte: Editora UFMG.
- Ribeiro, A. M., Rocha, C. C. M., Franco, C. F. J., Fontana, L. F., & Netto, A. D. P. (2012). Seasonal variation of polycyclic aromatic hydrocarbons concentrations in urban streams at Niterói City, RJ, Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 64, 2834-2838.
- Roberts, A. D., & Prince, S. D. (2010). Effects of urban and non-urban land cover on nitrogen and phosphorus runoff to Chesapeake Bay. *Ecological Indicators*, 10, 459-474.
- Rodgers-Gray, T. P., Jobling, S., Kelly, C., Morris, S., Kirby, S., & Janbakhsh, A. (2000). Long-term temporal changes in the estrogenic composition of treated sewage effluent and its biological effects on fish. *Environmental Science Technology*, 34:1521-1528.
- Rosenquist, L. E. D. (2005). A psychosocial analysis of the human-sanitation nexus. *Journal of Environmental Psychology*, 25(3), 335-346. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2005.07.003>
- Saes, R. V. S. T. 2014. Estudo da contribuição da drenagem pluvial urbana sobre a poluição marinha na cidade de Fortaleza, CE. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Ceará, Recife, CE, Brasil.
- Santos, G. R. (2012). Financiamento público da pesquisa em recursos hídricos no Brasil: o fundo setorial CT-HIDRO. IPEA, Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, Brasília, DF, Brasil.
- Santos, D. M., Buruaem, L. B., Gonçalves, R. M., Williams, M., Abessa, D. M. S., Kookana, R., & Marchi, M.R.R. (2018). Multiresidue determination of Contaminants of Emerging Concern in marine sediments from the vicinities of sewage submarine outfalls. *Marine Pollution Bulletin*, 129, 299-307. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.02.048>
- Scherer, M., Asmus, M., Filet, M., Sanchez, M., & Poletti, E.A. (2011). El manejo costero en Brasil: análisis de la situación y propuestas para una posible mejora. In J. Farinós Dasí (Ed. y Coord.). *La Gestión Integrada de Zonas Costeras ¿Algo más que una Ordenación del Litoral Revisada? La GIZC como evolución de las prácticas de planificación y gobernanza territoriales*. n. 9. Valencia: PUV/IIDL (Colección "Desarrollo Territorial").
- Silva, J. R. (1975). Evolução do sistema de esgotos do Rio de Janeiro. *Revista Engenharia Sanitária*, 14(13), 220-227
- Silva, S. C., Bernardes, R. S., & Ramos, M. L. G. (2015). Remoção de matéria orgânica do esgoto em solo de wetland construído. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 20(4), 533-542. <https://www.scielo.br/j/esa/a/gCq5FTm cYqCDCKxs5bh7p5M/?format=pdf&lang=pt>
- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. (2019). Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2018. Ministério do Desenvolvimento Regional. Recuperado em 17 de abril de 2020, de <http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos/diagnostico-dos-servicos-de-agua-e-esgotos-2018>.
- Souza, M. M., & Gastaldini, M. C. C. (2014). Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 19(3). <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014019000001097>
- Thia-Eng, C. (1993). Essential elements of Integrated Coastal Zone Management. *Ocean & Coastal Management*, 21, 81-108.
- Tuholske, C., Halpern, B. S., Blasco, G., Villaseñor, J. C., Frazier, M., & Caylor, K. (2021) Mapping global inputs and impacts from of human sewage in coastal ecosystems. *PLoS ONE*, 16(11), e0258898.

Tsutiya, M. T., & Bueno, R. C. R. (2004). Contribuição de águas pluviais em sistemas de esgoto sanitário no Brasil. *Água Latinoamérica*, 4, 20-25.

Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. (2021) United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development (2021-2030). Recuperado em 29 de março de 2023, de <https://en.unesco.org/ocean-decade>.

United States Environmental Protection Agency. (1993). EPA/600/R-92/238: Investigation of inappropriate pollutant entries into storm drainage systems: a user's guide. Cincinnati: USEPA.

Val, A. L. (2019). Conservação da biota aquática da Amazônia. *Revista de Estudos Brasileños*, 6(11): 79-89. <https://doi.org/10.14201/reb20196117989>

Valiela, I., & Vince, S. (1976). Assimilation of sewage by wetlands. *Estuarine Processes*, 234-253. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-751801-5.50028-9>

Vieira, R. H. S. F., Catter, K. M., Saker-Sampaio, S., Rodrigues, D. P., Theophilo, G. N. D., & Fonteles-Filho, A. A. (2002). The stormwater drain system as a pollution vector of the seashore in Fortaleza (Ceará State, Brazil). *Brazilian Journal of Microbiology*, 33, 294-298.

Vieira, R. H. S. F., Menezes, F. G. R., Costa, R. A., Marins, R. V., Abreu, I. M., Fonteles-Filho, A. A., & Sousa, O. V. (2011). Galerias pluviais como fonte de poluição de origem fecal para as praias de Fortaleza-Ceará. *Arquivos de Ciências do Mar*, 44, 5-12.

Von Sperling, M., & Chernicharo, C. A. L. (2005). *Biological wastewater treatment in warm climate regions: volume one*. London: IWA Publishing.

Watts, A., Ballester, T., Roseen, R., & Houle, J. (2010). Polycyclic aromatic hydrocarbons in stormwater runoff from sealcoated pavements. *Environmental Science Technology*, 44, 8849-8854.

Wei, Q., Zhu, G., Wu, P., Cui, L., Zhang, K., Zhou, J., & Zhang, W. (2010). Distributions of typical contaminant species in urban short-term storm runoff and their fates during rain events: a case of Xiamen City. *Journal of Environmental Sciences*, 22, 533-539, 2010.

White, S. A., & Cousins, M. M. (2013). Floating treatment wetland aided remediation of nitrogen and phosphorus from simulated stormwater runoff. *Ecological Engineering*, 61, 207-215.