



Gestão Urbana Sustentável

Águas Urbanas

Cristhiane Michiko Passos Okawa
Organizadora



Gestão Urbana Sustentável

Águas Urbanas

Cristhiane Michiko Passos Okawa
Organizadora

Editora Chefe

Marcia A. A. Marques

Editora Adjunta

Isabela Arantes Ferreira

Coordenador Editorial

Lucas Batista da Cunha

Bibliotecária

Maria Alice Ferreira

Diagramação

Marcos Antonio Ribeiro Pereira

Arte da Capa

Matheus Lacerra

Imagem da Capa

Freepik

Revisão

Os autores

O conteúdo deste livro está licenciado sob uma licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial Não Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).



2021 by Bookerfield Editora

Copyright © Bookerfield Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Bookerfield Editora

Os autores cedem à Bookerfield Editora os direitos para esta edição

Esta obra é de natureza digital (e-book). Versões impressas são permitidas, não tendo a Bookerfield Editora qualquer responsabilidade pela confecção e distribuição de exemplares físicos deste conteúdo.

Todos os manuscritos da obra passaram por rigorosa avaliação cega pelos pares, baseadas em critérios científicos e imparciais, recebendo a aprovação após atender os critérios técnicos estabelecidos pelo Conselho Editorial.

Todo o conteúdo do livro e de artigos individuais é de responsabilidade exclusiva de seus respectivos autores, não sendo a Bookerfield Editora responsável por quaisquer eventuais irregularidades.

Situações como plágio, má conduta ética/científica ou dados e resultados fraudulentos são de responsabilidade do autor, comprometendo-se a Bookerfield Editora em investigá-las rigorosamente e tomar as ações cabíveis.

O download, compartilhamento e referênciação da obra são permitidos mediante atribuição de crédito aos autores e à Editora. A comercialização desta obra é expressamente proibida.

CONSELHO EDITORIAL

Ciências Agrárias

Afrânio Silva Madeiro
Alirya Magda Santos do Vale Gomes
Ana Luiza Trovo Marques de Souza
Carlos Eugenio Fortes Teixeira
Daniela Kunkel
Daniele Cristina Ficanha
Elson Barbosa da Silva Junior
Fabiana Schiochet
Fernando Rezende da Costa
Flávio José Rodrigues Cruz
Heiriane Martins Sousa
João Francisco Severo Santos
Joelma Leão Buchir
Kleber Fernando Pereira
Marden Manuel Rodrigues Marques
Maria Cristina Bueno Coelho
Monyck Jeane dos Santos Lopes
Pablo Daniel Freitas Bueno

Ciências Biológicas

Cesar Augusto Cunha Cervantes
Débora Cristina Damasceno
Érika Alves Tavares Marques
Fabíola Aliaga de Lima
Flávio José Rodrigues Cruz
Heiriane Martins Sousa
Jaqueline Rocha Borges dos Santos
Joelma Leão Buchir
José Amorim
José Maria Ferraz Filho
Jussara Gonçalves Fonseca
Kleber Fernando Pereira
Mário César de Oliveira
Morgana do Nascimento Xavier
Nathália Sayuri Yamamoto
Noemi Mendes Fernandes
Patricia Köster e Silva
Rafael Mesquita Stoque

Renato Luís Veiga Oliveira Júnior
Veronica Gabriela Ribeiro da Silva

Ciências da Saúde

Adriano José Barbosa Junior
Alexandre Daré de Almeida
Ana Irene Coelho Nunes
Ana Luiza Trovo Marques de Souza
Andrea Borges Gaia
Andressa Ribeiro Contreira
Camila Gemin R. Locatelli
Carlos Vinícius Pagani Vieira
Machado
Débora Cristina Damasceno
Elisângela Rodrigues Carrijo
Fabiana Leticia Sbaraini
Fabio José Antonio da Silva
Fabrício Casanova
Gisela da Costa Mascarenhas
Greicielle Pereira Arruda
Ivonete Aparecida Alves Sampaio
Janaina da Câmara Zambelli
Jandira Maria do Amarilho Silveira
Jaqueline Rocha Borges dos Santos
João Francisco Severo Santos
Jogilmira Macedo Silva Mendes
José Aderval Aragão
José Maria Ferraz Filho
José Roberto Zaffalon Júnior
Juliane Campos Inácio
June Fernanda Maria Teixeira
Katia Fernanda Forti Porcaro
Kilvia Paula Soares Macedo
Líncon Bordignon Somensi
Luciane Cristina Arantes
Marcello Alberton Herdt
Marcelo Benedit Tournier
Marcelo de Oliveira Pinto
Marcos Guimarães de Souza Cunha

Marcos Roberto Brasil
Maria Cristina C Nepomuceno
Carvalho
Nara Michelle Moura Soares
Nillianne Charles Ribeiro
Rafael Mesquita Stoque
Randson Souza Rosa
Renato Carlos Machado
Rogério Wagner da Silva
Sheila Moura Amaral
Simone Mattos do Nascimento
Sofia Banzatto
Suzana Silva Lira
Taíza Fernanda Ramalhais
Thaís Mendonça Resende
Thiago Luciano Rodrigues da Silva
Valéria Rodrigues da Conceição
Veronica Gabriela Ribeiro da Silva
Vivian Victoria Vivanco Valenzuela

Ciências Exatas e da Terra

Andrea Sartori Jabur
Cláudia Hitomi Watanabe Rezende
Dalvani Fernandes
Duany Dreyton Bezerra Sousa
Edfram Rodrigues Pereira
Evandro Preuss
Gisane Aparecida Michelin
Henrique Mariano Costa do Amaral
Henrique Pereira Oliveira Neves
Hermam Vargas Silva
Isidro ihadua
João César Abreu de Oliveira Filho
Lívia Sancho
Luiz Eduardo da Silva Gomes
Manolo Cleiton Costa de Freitas
Marco Aurélio Schünke
Marcos do Carmo Pereira
Rodolfo Lucas Bortoluzzi
Sonia Tomie Tanimoto
Vagner Marques de Moura
Valdecir Alves dos Santos Júnior

Ciências Humanas

Adailton Pereira de Melo
Alberto Carlos de Souza
Ana Margarida Theodoro Caminhas
Breno Henrique Ferreira Cypriano
Bruna Pacheco de Almeida
Bruno Cezar Silva
Camila Bueno Grejo
Camila de Vasconcelos Tabares
Carlos Eduardo Mauricio
Dalvani Fernandes
Dayane Cristina Guarnieri
Deiziane Pinheiro Aguiar
Eduardo Henrique Assis Cidade
Elisângela Rodrigues Carrijo
Eulalia Fabiano
Fernando Cesar Mendes Barbosa
Guilherme Camara Meireles
Guilherme William Udo Santos
Isadora Vianna Sento-Sé
João César Abreu de Oliveira Filho
João Francisco Severo Santos
Josael Jario Santos Lima
Josiane Nascimento Andrade
Luana Mayer de Souza
Marcos Pereira dos Santos
Marcos Pereira Magalhães
Maria Cristina C Nepomuceno
Carvalho
Marlon Nantes Foss
Miguel Rodrigues Netto
Oscar Yecid Bello Bello
Rebecca Bianca de Melo Magalhães
Sandra das Dores Souza
Silvio Santiago-Vieira
Susan Audrey Bueno dos Santos
Taíza Fernanda Ramalhais
Tatiane dos Santos Duarte
Vanderlei Frari
Vânia Maria Carvalho de Sousa
Vinícius Dantas Silveira

Ciências Sociais Aplicadas

Aline De Souza Lima Barbaroto
Ana Margarida Theodoro Caminhas
Bruna Pacheco de Almeida
Bruno Cezar Silva
Camila Nathalia Padula de Godoy
Cassio Rene Duminelli
Daniel Nascimento e Silva
Eduardo Henrique Assis Cidade
Elisângela Rodrigues Carrijo
Érika Rigotti Furtado
Eulalia Fabiano
Fernando Cesar Mendes Barbosa
Gisela da Costa Mascarenhas
Hermam Vargas Silva
Horácio Monteschio
Isabel das Mercedes Costa
Isadora Vianna Sento-Sé
João Clécio de Sousa Holanda
João Francisco Severo Santos
João Vitor Gomes Pinto
Josael Jario Santos Lima
Josiane Nascimento Andrade
Marco Aurelio de Jesus Mendes
Maria Cristina C Nepomuceno
Carvalho
Miguel Rodrigues Netto
Nelson Calsavara Garcia Junior
Renato Obikawa Kyosen
Rodolfo Lucas Bortoluzzi
Sandra Couto Barbosa
Solange Kileber
Susan Audrey Bueno dos Santos
Vanessa Paiva Costa Vale
Vinícius Dantas Silveira

Engenharias

Alejandro Victor Hidalgo Valdivia
Andrea Sartori Jabur
Andréia Monique Lermen
Cristhiane Michiko Passos Okawa
Daniele Cristina Ficanha

Elaine Patricia Arantes
Fernando Oliveira de Andrade
Henrique Mariano Costa do Amaral
Israel Henrique Ribeiro Rios
Jaime Andres Castaneda Barbosa
Marcelo Henrique da Silva
Marcelo Marques
Marcos Guimarães de Souza Cunha
Rafael Gonçalves Mafra
Rodolfo Lucas Bortoluzzi
Thiago Averaldo Bimestre
Valdecir Alves dos Santos Júnior
Vanessa Paiva Costa Vale

Linguística, Letras e Artes

Alberto Carlos de Souza
Geison Araujo Silva
Guilherme William Udo Santos
José Edson Barros Correia
Luciano de Oliveira Costa
Márcia Donizete Leite-Oliveira
Marlon Nantes Foss
Silvio Santiago-Vieira
Thiago Blanch Pires
Vera Regiane Brescovici Nunes

Multidisciplinar

Alejandro Victor Hidalgo Valdivia
Aline De Souza Lima Barbaroto
Ana Margarida Theodoro Caminhas
Andrea Sartori Jabur
Andréia Monique Lermen
Cláudia Hitomi Watanabe Rezende
Érika Alves Tavares Marques
Fernanda Imada de Lima
Fernando Oliveira de Andrade
Guilherme Camara Meireles
Isidro ihadua
José Amorim
Marcelo Marques
Vanessa Paiva Costa Vale

Gestão Urbana Sustentável

Águas Urbanas

Editora Chefe Marcia A. A. Marques
Editora Adjunta Isabela Arantes Ferreira
Coordenador Editorial Lucas Batista da Cunha
Bibliotecária Maria Alice Ferreira
Diagramação Marcos Antonio Ribeiro Pereira
Revisão Os autores

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Gestão urbana sustentável [livro eletrônico] /
[organização Cristhiane Michiko Passos Okawa]. --
São Paulo : Bookerfield, 2021.
PDF

Vários autores.
ISBN 978-65-89929-28-4

1. Gestão ambiental 2. Urbanismo 3. Planejamento urbano 4. Sustentabilidade I. Okawa, Cristhiane Michiko Passos.

21-88387

CDD-363.7

Índices para catálogo sistemático:

1. Gestão ambiental 363.7

Maria Alice Ferreira - Bibliotecária - CRB-8/7964

DOI 10.53268/BKF21110200

Bookerfield Editora
São Paulo – Brasil
Telefone: +55 (11) 98441-4444
www.bookerfield.com
contato@bookerfield.com



DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores declaram não haver qualquer interesse comercial ou irregularidade que comprometa a integridade desta obra; declaram que participaram da elaboração e revisão da obra, atestando a confiabilidade dos dados e resultados; declaram que a obra está livre de plágio acadêmico; declaram que a publicação desta obra não fere qualquer outro contrato por eles firmados; declaram ter atendido eventuais exigências de outras partes, como instituições financiadoras, para a publicação desta obra.

APRESENTAÇÃO

O êxodo rural, que ocorreu no Brasil e que teve seu auge entre as décadas de 1960 e 1980, fez com que o desenvolvimento das cidades ocorresse de maneira desgovernada, ou seja, sem planejamento de médio e longo prazos. Lembramos ainda que na época de grande desenvolvimento de muitas cidades brasileiras não se conhecia o conceito de desenvolvimento sustentável, ou seja, “o desenvolvimento que atenda às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades”. Como consequência, muitos problemas são hoje enfrentados pelos gestores.

Por outro lado, promover uma gestão urbana sustentável só é possível com o entendimento dos problemas existentes e com a implantação de planos, programas e projetos também sustentáveis, ou seja, que promovam a qualidade de vida do cidadão, que protejam o ambiente e que permitam desenvolvimento econômico.

A gestão urbana sustentável é um tema muito amplo; assim, nessa coletânea optamos por focar no Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6 – Água Potável e Saneamento e no ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis.

Neste contexto, no Capítulo 1 discorremos sobre o conhecimento da dinâmica das vertentes e dos efeitos da urbanização sobre elas, para fornecer subsídios para um planejamento urbano sustentável. No Capítulo 2, apresentamos alguns instrumentos de planejamento urbano e sua relação com a gestão urbana sustentável. No Capítulo 3, discorremos sobre a gestão intermunicipal de saneamento básico, com ênfase para os municípios de pequeno e médio porte brasileiros. No Capítulo 4, apresentamos a gestão dos resíduos sólidos urbanos como ferramenta do planejamento municipal. No Capítulo 5, buscamos apresentar os recursos e usabilidades que as ferramentas de geoprocessamento possuem e que podem ser utilizadas na gestão urbana. No Capítulo 6, focamos no tratamento de efluentes e nos processos oxidativos avançados, que promovem mineralização total ou parcial dos compostos orgânicos biodegradáveis e refratários. Por fim, no Capítulo 7, contamos um caso de rompimento de uma estação de tratamento de esgoto com consequente poluição de uma lagoa urbana e apresentamos o uso do biomonitoramento como parte da solução.

Esperamos que esse conteúdo contribua para auxiliar aqueles que enfrentam esses desafios em suas profissões e que novas coletâneas possam ser criadas a partir dessa e que abordem outros aspectos de uma gestão urbana sustentável, tais como mobilidade urbana, aspectos sociais como direito à moradia, à saúde, à educação e à segurança, e erradicação da pobreza, entre outros.

Prof. Dra. Cristhiane Michiko Passos Okawa

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	11
A INFLUÊNCIA DAS VERTENTES NA GESTÃO URBANA	
Cássia Maria Bonifácio	
Maria Teresa de Nóbrega	
DOI: 10.53268/BKF21110201	
CAPÍTULO 2	20
INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO URBANO E A GESTÃO SUSTENTÁVEL DAS CIDADES	
Theresa Raquel Lopes de Andrea	
Ana Lídia da Silva Cascales Côrrea	
Cristhiane Michiko Passos Okawa	
Daiane Maria De Genaro Chioli	
DOI: 10.53268/BKF21110202	
CAPÍTULO 3	33
GESTÃO INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO	
Diego Sanches	
Alex Simões Bosso	
David Américo Nakagawa	
Renan Henrique Casarim de Albuquerque	
DOI: 10.53268/BKF21110203	
CAPÍTULO 4	48
A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS COMO FERRAMENTA DO PLANEJAMENTO MUNICIPAL	
Ana Carla Fernandes Gasques	
Luana Karoline Pereira	
Elisabet Gabrieli Fernandes Gasques	
DOI: 10.53268/BKF21110204	
CAPÍTULO 5	64
O GEOPROCESSAMENTO NA GESTÃO URBANA	
Cássia Maria Bonifácio	
Alex Simões Bosso	
DOI: 10.53268/BKF21110205	
CAPÍTULO 6	74
PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES	
Danielly Cruz Campos Martins	
Luiz Roberto Taboni Junior	
Ana Paula Jambers Scandelai	
DOI: 10.53268/BKF21110206	
CAPÍTULO 7	88
ROMPIMENTO DA ETE-LEI E A LAGOA DA CONCEIÇÃO: IMPACTOS AMBIENTAIS E O BIOMONITORAMENTO NA ÁREA DEGRADADA EM AMBIENTE URBANO	
Caroline Voser Pereira Roschild	
Dairana Misturini	
Paulo Roberto Pagliosa Alves	
Cristhiane Michiko Passos Okawa	
DOI: 10.53268/BKF21110207	

A INFLUÊNCIA DAS VERTENTES NA GESTÃO URBANA

Cássia Maria Bonifácio

lattes.cnpq.br/5948572212061712

Universidade Federal de São Carlos
(UFSCar), Buri, São Paulo

Maria Teresa de Nóbrega

lattes.cnpq.br/7208438239950541

Universidade Estadual de Maringá
(UEM), Maringá, Paraná

RESUMO – O processo de urbanização desenfreada torna o meio físico vulnerável às ações antrópicas, e condiciona a vários problemas de ordem socioambientais. O excesso de superfícies impermeabilizadas, resultante do acelerado crescimento urbano, reduz a infiltração da água da precipitação e aumenta a velocidade do escoamento da água em superfície, neste sentido, provoca alterações morfológicas nas vertentes e no funcionamento dos fluxos hídricos superficiais e subsuperficiais. À medida que a impermeabilização produzida pela urbanização aumenta, as alterações são mais intensas e os riscos de degradação tornam-se mais críticos. O conhecimento da dinâmica das vertentes e dos efeitos da urbanização sobre ela, fornecem

subsídios para um planejamento urbano sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Uso do solo; Processos erosivos; Fluxo hídrico.

1. INTRODUÇÃO

A remoção e transporte do solo (erosão), conforme enfatiza Strahler (2005), é causada pela ação pluvial, que infiltra e abastece os níveis freáticos, e, que escoam superficialmente (escoamento superficial), arrastando as partículas sólidas sobre a vertente, em direção aos canais de drenagem. O ritmo e o volume dessa remoção dependem, de um lado, da distribuição e intensidade das chuvas que precipitam no local, e de outro, do tipo de revestimento, da natureza do solo (composição e gradiente textural, estrutura), da extensão da vertente e de sua forma (convexa, côncava e retilínea) e declividade (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1985; GUERRA, 1999).

Os processos erosivos podem ser categorizados em erosão natural (ou geológica) e erosão acelerada. Assim, como já abordado por El Swaify *et al.* (1982), a erosão natural é oriunda de fenômenos naturais, atuando como agente benéfico para a formação do próprio

solo – como pedogênese. Já a erosão acelerada é causada pela ação antrópica, conforme exposto por Varella (1999), e, em diferentes escalas é capaz de modificar o ambiente e interferir na estabilidade das diferentes paisagens (PINESE *et al.*, 2008). Em condições naturais, o revestimento promovido pela vegetação, funciona como barreira protegendo a superfície do impacto direto das gotas de chuva e controla a chegada da água até ao solo, promovendo ou favorecendo maior infiltração.

Segundo Strahler (2005), a remoção do solo faz parte do processo geológico de denudação nas massas continentais que é universal e imutável. Segundo o autor, em regiões de climas tropicais úmidos, sob condições naturais com o revestimento florestal, a erosão do solo é lenta, o que permite a evolução e desenvolvimento de solos espessos.

Entretanto, Almeida Filho (1998) e Conciliani (2008) destacam que a atividade humana, quando promove o desflorestamento para abertura de locais para cultivo e/ou atividades urbanas, pode desencadear e/ou intensificar processos erosivos, o que dá início a uma série de impactos que degradam o ambiente e alteram a dinâmica e comportamento da bacia hidrográfica como um todo (assoreamento, aumento da turbidez da água entre outros impactos).

Desse modo, toda e qualquer transformação que ocorre nas vertentes, conforme Young (1973), afeta de diferentes maneiras o fluxo hídrico e os canais de drenagem diretamente associados a essas vertentes, assim como o funcionamento da bacia hidrográfica em geral. Assim, torna-se necessário o conhecimento sobre a dinâmica das vertentes e os processos erosivos associados, uma vez que fornecem subsídios para um planejamento urbano sustentável.

2. IMPACTOS PRODUZIDOS PELO USO E OCUPAÇÃO NAS VERTENTES

Pelo que foi exposto anteriormente, pode-se afirmar que um dos aspectos mais importantes com relação às vertentes é a sua capacidade de promover a infiltração da água da chuva e/ou a geração do escoamento superficial.

A urbanização provoca alterações nas vertentes fundamentalmente diferentes daquelas geradas pelo uso agrário. A distinção principal entre eles é a impermeabilização da superfície das vertentes. Segundo Schueler (1995), mesmo uma taxa de 10% de impermeabilização da superfície já é suficiente para promover alteração e dar início a processos de degradação. À medida que a impermeabilização aumenta, as alterações são mais intensas e a degradação torna-se mais crítica.

Se por um lado a impermeabilização protege a superfície da erosão, por outro, ela aumenta o escoamento superficial, e, com isso, o volume dos fluxos hídricos em coletores temporários e nos cursos d'água, durante e logo após o evento chuvoso. Em contrapartida, a recarga dos aquíferos subterrâneos diminui e, em consequência, ocorre o rebaixamento do nível

freático e o desaparecimento ou mudança de posição das fontes.

A urbanização altera a hidrologia natural e, além da mudança no volume e nos fluxos hídricos, ocorrem modificações também na qualidade da água (poluentes químicos e biológicos) e nos sedimentos transportados (resíduos urbanos) por esses fluxos, já que a superfície foi transformada em termos de materiais expostos e descartados, passíveis de serem incorporados na dinâmica hídrica da área.

Para essas novas condições hidrológicas é necessário construir ou adequar o sistema de drenagem local – drenagem urbana – para garantir a coleta, escoamento e despejo seguro dos fluxos hídricos urbanos.

Em síntese, pode-se concluir que o uso urbano impermeabiliza a superfície das vertentes, altera as relações originais de infiltração e escoamento superficial, favorecendo este último. O escoamento superficial tende a se concentrar segundo linhas de fluxos que podem ser naturais (no interior das cabeceiras) ou criadas pela urbanização (arruamentos, pontos de descargas de galerias, etc.). O resultado é o desenvolvimento de processos erosivos, principalmente os lineares (ravinas e voçorocas), que acabam se conectando à rede de canais de drenagem.

Esse escoamento superficial leva consigo, também, uma diversidade de resíduos sólidos e poluentes químicos e biológicos que chegam rapidamente até aos cursos d'água. Assim, além do aumento do fluxo hídrico no canal, nos períodos de chuva, este recebe materiais oriundos das vertentes (solos) e das atividades aí desenvolvidas (resíduos sólidos e poluentes).

Neste sentido, considerando-se uma bacia hidrográfica como um sistema natural, o conhecimento da dinâmica das vertentes na área rural torna-se importante, uma vez que processos desenvolvidos no âmbito rural influenciam diretamente nas áreas urbanas – principalmente em bacias mistas – onde a carga de sedimentos provinda das áreas agricultáveis pode trazer prejuízos a estrutura e qualidade da drenagem urbana.

Na área rural, Schneider *et al.* (2011) mencionam que as atividades agrícolas também implicam na mudança do tipo de revestimento da superfície e, portanto, nas características de infiltração de água e escoamento superficial. Além disso, ocorre a troca de um determinado tipo de revestimento vegetal, original, diversificado, por outro tipo de cobertura vegetal, constituída geralmente por uma mesma espécie.

Além disso, em muitas áreas, cultivos de produtos diferentes se sucedem em um mesmo espaço, com repetição das mesmas fases de preparação de solo, semeadura, manutenção e colheita (GARCIA, 2016). Segundo Gamero (2008), no desenvolvimento dessas tarefas são empregados equipamentos, que podem promover a compactação superficial e subsuperficial do solo, como também fazer uso de fertilizantes e agrotóxicos, que são lixiviados pela água de infiltração e de escoamento superficial.

No que diz respeito à atividade rural, é necessário destacar que há

ainda variedades significativas de produtos e de manejos, que vão interferir no revestimento da superfície das vertentes, na sua morfologia, modificando as características originais de infiltração e escoamento hídrico, conforme exposto por Nóbrega e Cunha (2011). Sendo assim, a alteração dos fluxos hídricos é, desta maneira, a primeira consequência das formas de uso e ocupação na área da bacia hidrográfica.

Além de alterar o tipo de cobertura, em áreas de cultivo, há uma série de práticas e manejos que se sucedem ao longo do ano (SIMON, 2007). Assim, ora o solo está descoberto, ora apresenta cobertura vegetal, mais ou menos densa dependendo da fase de crescimento vegetativo do cultivo. De acordo com Flowers e Lal (1998), em muitas áreas, cultivos de produtos diferentes se sucedem no mesmo espaço, com repetição das mesmas fases de preparação de solo, semeadura, manutenção e colheita. Segundo Gamero (2008), no desenvolvimento dessas tarefas são empregados equipamentos, geralmente pesados (principalmente nas áreas de agricultura mecanizada), que podem promover a compactação superficial e subsuperficial do solo.

Assim, esse tipo de uso, conforme Tucci e Clarke (1997) e Guerra e Mendonça (2004), de redução da cobertura vegetal, exposição de extensas áreas, em determinados períodos do ano, como também a redução da permeabilidade, pelo efeito de compactação pela passagem dos equipamentos, também favorece o aumento do escoamento superficial e a redução da infiltração de água. Além disso, Neboit (1983) e Morgan (1986) mencionam que o escoamento hídrico difuso se estabelece com facilidade e grandes volumes de solo são removidos e/ou remanejados nas vertentes.

3. VERTENTES E A GESTÃO URBANA

A erosão hídrica, provocada pelo escoamento superficial difuso nas vertentes, segundo Bigarella (2006), é responsável pela remoção, ao longo do tempo, da matéria orgânica e das partículas argilosas presentes nos horizontes superficiais do solo. Em situações mais graves, ocorre a erosão de todo o horizonte (BERTOLANI e VIEIRA, 2001). Essa degradação dos solos é acompanhada, também, por mudanças nos aspectos morfológicos da vertente, como apontam Silveira *et al.* (2009) e Nóbrega e Cunha (2011). O escoamento hídrico, conforme Christofletti (1980), promove uma mobilização superficial dos materiais e, enquanto determinadas zonas perdem materiais e são rebaixadas topograficamente, outras ganham (depósitos em vales em berço, por exemplo), alterando a forma das vertentes e o próprio escoamento na superfície.

Segundo Ramalho-Filho e Beek (1995), em vertentes de declividades mais acentuadas (>20%) ocorrem, além da erosão pelo escoamento superficial, os movimentos em massa do solo, que podem em determinadas situações, envolver quantidades elevadas de material e, desta forma, expô-los mais facilmente aos agentes de remoção (águas pluviais, vento). Entretanto,

ocorrem também movimentos em massa que afetam os horizontes de solo mais superficiais e que são observados com relativa frequência nesses setores de maior declividade (COOPER e VIDAL-TORRADO, 2000).

É importante salientar, que todos os processos citados, que ocorrem nas vertentes, geram materiais que chegam até aos canais de drenagem e passam aí a interferir na sua forma, na dinâmica do fluxo hídrico e na qualidade da água, já que chegam materiais sólidos e substâncias químicas dissolvidas (POLETO, 2007; BONIFÁCIO, 2019). Assim, torna-se algo necessário acompanhar a morfologia das vertentes e os processos erosivos instalados.

4. MAPEAMENTO DE PROCESSOS EROSIVOS EM ÁREAS URBANAS

De acordo com Alves (2000), para avaliar e monitorar os processos erosivos são empregados métodos diretos, baseados na coleta do material erodido, em campos experimentais e/ou em laboratórios ou, ainda, métodos indiretos, por meio de modelagem matemática. Modelos matemáticos podem ser associados às técnicas de geoprocessamento (álgebra de mapas, lógicas heurísticas e determinísticas), que permitem análises espaciais do fenômeno, visando ao planejamento racional do uso e ocupação do solo e à detecção das áreas que necessitam de adoção de práticas de controle da erosão.

O geoprocessamento, como destacam Câmara e Davis (2001), é uma técnica que se utiliza de artifícios matemáticos e computacionais para o tratamento da informação geográfica, sendo utilizado em diversas áreas como análise de recursos naturais, comunicação, cartografia, transportes, energia e planejamento urbano e regional. Os algoritmos utilizados permitem análises complexas; integrando dados de diversas fontes ao criar bancos de dados georreferenciados.

No âmbito do geoprocessamento, o Sistema de Informação Geográfica (SIG) permite realizar tais operações matemáticas com foco na espacialização dos dados.

Aliado ao SIG, a análise multicritério proporciona diversos benefícios para análise espacial, uma vez que soluciona problemas influenciados por diversos fatores, permitindo balancear os valores de cada critério da análise (ALMEIDA; COSTA, 2003). Isto permite, segundo Spörl (2007), a geração de modelos capazes de demonstrar as áreas com diferentes níveis de fragilidade ambiental frente aos processos erosivos.

A aplicação de modelos de estimativa de erosão também pode ser efetuada com a utilização de SIGs, o que possibilita a obtenção de resultados na forma de mapas com a espacialização da estimativa da perda de solo da região estudada (WANG *et al.*, 2003).

Neste sentido, ao saber sobre o funcionamento das vertentes, associado às tecnologias do geoprocessamento, é possível colaborar na gestão urbana e mapear:

- (i) locais com risco de deslizamentos;
- (ii) pontos de alagamentos;
- (iii) áreas suscetíveis a erosão;
- (iv) locais com maior incidência de assoreamento;
- (v) áreas de deposição de sedimentos;
- (vi) áreas com alteração da morfologia na rede de drenagem;
- (vii) locais da estrutura pluvial suscetível ao acúmulo de sedimentos;
- (viii) pontos com maior descarga do fluxo de água;
- (ix) locais da estrutura pluvial com maior atenção à manutenção;
- (x) áreas da drenagem urbana com alteração na qualidade da água;

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades antrópicas, quando realizadas de forma desordenadas, desencadeiam uma série de impactos que degradam o ambiente e alteram a dinâmica dos sistemas naturais, em várias escalas de análise, principalmente na escala de detalhe – como é o caso das vertentes.

Assim, qualquer alteração ou transformação que ocorra nas vertentes, resulta em diversos impactos ou modificações no fluxo hídrico e nos canais de drenagem, associados a estas, e, como consequência final influencia na dinâmica da bacia hidrográfica como um todo.

Dessa forma, é possível verificar que ao longo das vertentes, por meio dos processos erosivos, ocorrem perdas, mas também, ao mesmo tempo, deposições e, o conhecimento prévio desses fenômenos colabora para evitar desastres, auxilia no planejamento territorial, contribui para a redução dos custos de manutenção das estruturas de drenagem urbana, assim como norteia para uma gestão urbana sustentável.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA FILHO, G. S. Prevenção de erosões em áreas urbanas. In: VI Simpósio Nacional de controle de erosão, **Anais...** Presidente Prudente, 1998.

ALMEIDA, A. T.; COSTA, A. P. C. S. **Aplicações com métodos multicritério de apoio a decisão**. Recife: Editora Universitária, 2003.

ALVES, M. **Estimativa da perda de solo por erosão laminar na bacia do rio São Bartolomeu - DF, usando técnicas de geoprocessamento**. São José dos Campos: INPE, 2000. p.33 (Relatório Técnico).

BERTOLANI, F. C.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial da taxa de infiltração de água e da espessura do horizonte A, em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.25, p.987-995, 2001.

BERTONI, J. C.; LOMBARDI NETO, F. **Erodibilidade de solos paulistas**. Campinas: Instituto Agronômico. 1985.

BIGARELLA, J. J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. 2ªed. Florianópolis: Editora da UFSC. 2006.

BONIFÁCIO, C. M. **Fragilidade ambiental e qualidade da água na Unidade Hidrográfica do Pirapó, Paranapanema III e IV, Paraná**. 2019, 205f. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia. UEM. 2019.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1980.

COOPER, M.; VIDAL-TORRADO, P. Gênese de ferri-argilãs em horizontes B texturais de uma sequência de solos sobre diabásio em Piracicaba (SP). **Scientia Agrícola**, v.57, n.4, p.745-750, 2000.

CONCIANI, W. **Processos erosivos: conceitos e ações de controle**. Cuiabá: CFETMG, 2008.

EL-SWAIFY, S. A.; DANGLER, E. W.; ARMSTRONG, C. L. **Soil erosion by water in the tropics**. Hitahr: College of Tropical Agriculture and Human Resources, 1982.

FLOWERS, M. D.; LAL, R. Axle load and tillage effects on soil physical properties and soybean grain yield on a mollic ochraqualf in northwest Ohio. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.48, p.21-35, 1998.

GAMERO, A. C. **Desempenho operacional de um subsolador de hastes com curvatura lateral ("paraplow"), em função de diferentes velocidades de deslocamento e profundidades de trabalho**. 2008, 87f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Programa de Pós-Graduação em Agronomia. UNESP, 2008.

GARCIA, A. P. **Máquina conceito de preparo do solo em faixas**. 2016, 69f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. UNICAMP, 2008.

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M (Orgs.). Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 1999, p. 17-55.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S. Erosão dos solos e a questão ambiental. In: **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. A. C. VITTE; A. J. T. GUERRA (Orgs.). Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2004, p. 225-280.

MORGAN, R. P. C. **Soil erosion e conservation**. Longman Scientific & Technical, 1986.

NEBOIT, R. **L'homme et l'érosion**. Faculté des Lettres et Sciences Humaines de Clermont-Ferrand, 1983.

NÓBREGA, M. T.; CUNHA, J. E. A paisagem, os solos e a suscetibilidade à erosão. **Espaço Plural**, n.25, p.63-72, 2011.

PINESE JÚNIOR, J. F.; CRUZ, L. M.; RODRIGUES, S. C. Monitoramento de erosão laminar em diferentes usos da terra, Uberlândia – MG. **Sociedade & Natureza, Uberlândia**, v.20, n.2, p.157-175, 2008.

POLETO, C. **Fontes potenciais e qualidade dos sedimentos fluviais em suspensão em ambiente urbano**. 2007, 159f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos). Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

RAMALHO-FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3ªed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1995.

SCHNEIDER, R. M.; FREIRE, R.; COSSICH, E. S. et al. Estudo da influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água de dois córregos na bacia hidrográfica do rio Pirapó. **Acta Scientiarum Technology**, v.33, n.3, p.295-303, 2011.

SILVEIRA, H.; PAIVA, R. G.; SANTOS, R. M.; GONÇALVES JÚNIOR, F.; NÓBREGA, M. T. A morfopedologia e as unidades de paisagem no município de Francisco Alves – PR: Potencialidades e vulnerabilidades. In: XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2009, Viçosa. **[Anais...]** p.1-15, 2009.

SIMON, A. L. H. **A dinâmica de uso da terra e sua interferência na morfohidrografia da bacia do Arroio Santa Bárbara – Pelotas (RS)**. 2007, 187f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-graduação em Geografia. UNESP, 2007.

SPÖRL, C. **Metodologia para elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais**. 2007, 72f. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-graduação em Geografia, USP, 2007.

STRAHLER, A. N. **Physical Geography: Science and systems of the Human Environment**. New York: Wiley, 2005.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.2, n.1, p.135-152, 1997.

VARELLA, C. A. A. **Efeito dos sistemas de cultivo convencional, mínimo e direto no escoamento superficial e nas perdas de solo**. 199. 47f. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1999.

WANG, G. X.; GERTNER, G.; FANG, S. F.; ANDERSON, A. B. Mapping multiple variables for predicting soil loss by geostatistical methods with TM images and a slope

map. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing.**, n.69, p.889-898, 2003.

YOUNG. A. **Slopes.** Edinburgh: Oliver and Boyd, 1972.

THE INFLUENCE OF SLOPES ON URBAN MANAGEMENT

ABSTRACT – The unbridled urbanization process makes the physical environment vulnerable to anthropic actions, and conditions several socio-environmental problems. The excess of impermeable surfaces, resulting from accelerated urban growth, reduces the infiltration of precipitation water and increases the speed of surface water flow, in this sense, it causes morphological changes in the slopes and in the functioning of surface and subsurface water flows. As the waterproofing produced by urbanization increases, changes are more intense and the risks of degradation become more critical. The knowledge of the dynamics of the slopes and the effects of urbanization on it, provide subsidies for sustainable urban planning.

KEYWORDS: Land use; Erosion processes; Water flow.

INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO URBANO E A GESTÃO SUSTENTÁVEL DAS CIDADES

Theresa Raquel Lopes de Andrea
lattes.cnpq.br/3710120460037192

Universidade Estadual de Maringá
(UEM), Maringá, Paraná

Ana Lídia da Silva Cascales
Côrrea

lattes.cnpq.br/6563034464375370

Universidade Estadual de Maringá
(UEM), Maringá, Paraná

Cristhiane Michiko Passos Okawa
lattes.cnpq.br/1268747202598728

Universidade Estadual de Maringá
(UEM), Maringá, Paraná

Daiane Maria De Genaro Chirolí
lattes.cnpq.br/2366307982536815

Universidade Tecnológica Federal
do Paraná (UTFPR), Apucarana,
Paraná

RESUMO – Há uma percepção crescente nas cidades de todo o mundo de que se faz necessário implementar novos modelos de gestão que sejam eficientes quanto a problemática de degradação ambiental que os organismos urbanos vêm enfrentando. A

possibilidade de garantia de bem-estar para a população surge com a aplicação de serviços ecossistêmicos por meio da governança, com benefícios de apoiar os tomadores de decisão e partes interessadas na geração de normativas e legislações que busquem regulamentações ambientais e serviços sociais de efeito, promovendo o desenvolvimento econômico embasado na sustentabilidade. No entanto, os benefícios potenciais são apenas parcialmente explorados devido à falta de uma compreensão de quais são esses benefícios e como implementá-los. Nessa busca, o planejamento urbano e seus instrumentos tornam possível a compreensão e tradução dos princípios para projetar o novo conceito do conhecimento científico aplicado às cidades resilientes e sustentáveis. Dentro desse contexto, o objetivo geral desse capítulo é apresentar o planejamento urbano como instrumento de gestão urbana, abordando as legislações urbanísticas e questões relacionadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), relacionando o Estatuto da Cidade, Plano Diretor Municipal, Plano Diretor de Drenagem Urbana, legislações

de uso e ocupação de solo e parcelamento do solo com a gestão urbana sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Desenvolvimento urbano; Gestão de águas urbanas e sustentabilidade; Engenharia Urbana e legislação.

1. INTRODUÇÃO

Em 2021, mais de 4,4 bilhões de pessoas – ou seja, um em cada dois habitantes do planeta – reside em cidades, fazendo parte da população urbana, o que representa 56,2% da população mundial (IPEA, 2021). A desigualdade no acesso a serviços essenciais para a garantia da vida humana, por exemplo com relação ao serviço de coleta e tratamento do esgoto doméstico está, tanto no Brasil como em muitos países do mundo, entre as principais frentes de ação quando se projeta a construção de uma sociedade mais justa e sustentável. Atingir essa maturidade social é uma das metas centrais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que representa um plano de ação global para eliminar a pobreza extrema e oferecer a garantia de qualidade de vida para todos, até 2030 (AGENDA, 2030).

O Relatório de Brundtland apresenta um modelo de desenvolvimento que atenda às necessidades do presente, sem afetar a possibilidade de gerações futuras suprirem suas necessidades, cunhando o termo desenvolvimento sustentável. Então, a busca pelo desenvolvimento sustentável, além de se tornar crucial para a manutenção da espécie humana na terra, deve considerar também o desafio de aplicações sustentáveis, observando o meio de forma holística e harmonizada na conservação do ambiente, do bem estar humano e dos lucros (FURTADO, 2010).

Portanto, o princípio da equidade, para além de uma recomendação técnica, traz consigo a promessa de um mundo com maior segurança em relação à água para todos. No Brasil, vive-se uma realidade crescente de insustentabilidade em relação à água, que se deve principalmente por dois aspectos: o aumento dos eventos extremos de secas e inundações e a poluição dos cursos d'água, que torna cada vez mais dispendioso o abastecimento de água potável para a população (JACOBI, GRANDISOLI, 2017).

Além dos desastres climáticos naturais e da poluição antropogênica dos cursos d'água, a dinâmica das cidades pode ocorrer sem diretrizes de planejamento e então começam a surgir problemas urbanísticos, alguns comuns a todo tipo de cidade, como a segregação social que está diretamente ligada à degradação ambiental.

Como consequências diretas, vê-se cada vez mais frequentes os alagamentos, as enchentes e inundações, ocasionados pela redução brusca e substituição de áreas verdes por locais pavimentados durante a construção e o crescimento das cidades, aumentando o escoamento superficial, os deslizamentos, a poluição difusa de córregos e rios urbanos, tornando a água

muitas vezes imprópria para o consumo, gerando um dos problemas mais significativos quando se trata das águas urbanas.

Os problemas oriundos de inundações vêm aumentando progressivamente, prejudicando as cidades e atingindo as classes de menor poder aquisitivo que, por não conseguirem adquirir lotes no perímetro urbano regulamentado, acabam ocupando regiões de encostas e locais onde ainda não foram executadas as obras de infraestrutura que são oferecidas aos munícipes. Dessa forma, faz-se crucial que o poder público, privado e cidadãos tenham participação na elaboração das legislações e das políticas públicas que permitam o acesso de infraestrutura a todos, tornando possível a garantia de qualidade de vida e bem estar à população por meio da gestão urbana sustentável. Para que as cidades possam atender as necessidades de seus habitantes é necessário estabelecer diretrizes de controle das atividades a serem desenvolvidas e é neste contexto que surge o planejamento urbano, que se caracteriza por contemplar diversas áreas do conhecimento pertinentes à construção das cidades bem como suas conexões, tais como economia, sociologia, antropologia, ciências sociais, geografia, biologia, geologia, engenharias, entre outras.

A gestão urbana sustentável é um grande desafio pois medida que a malha urbana expande a demanda por infraestrutura também aumenta. Assim, ela deve ser realizada por meio de um conjunto de instrumentos de controle ocupacional, como por exemplo, as legislações urbanísticas que visam assegurar o adequado funcionamento de uma cidade, manutenção da sua morfologia e foco nos interesses e contentamento de seus munícipes.

Esta gestão urbana sustentável deve basear-se na elaboração e implantação de políticas, planos e programas que procurem direcionar o crescimento populacional e territorial das cidades, como é abordado na ABNT NBR ISO 37123:2021 (“CBCS - Conselho Brasileiro de Construção Sustentável”, 2021), que complementa estratégias para as cidades e comunidades com iniciativas sustentáveis para que se tornem resilientes e inteligentes a partir de vários critérios trazidos pela norma regulamentadora e dá outras providências que auxiliam a gestão das cidades por meio de suas aplicações.

Assim, observa-se que um planejamento urbano eficiente e eficaz gera comunidades sustentáveis, que são definidas no Estatuto da Cidade como aquelas que garantem aos seus moradores “direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, as oportunidades de trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 2001).

Por fim, nesse capítulo temos o intuito de apresentar o planejamento urbano como instrumento de gestão urbana sustentável considerando os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável-ODS, contextualizando acerca das legislações urbanísticas e questões relacionadas aos parâmetros urbanísticos definidos, tendo sua importância focada na segurança da

qualidade de vida disponibilizada à população e garantia de seu bem estar.

2. INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO URBANO

O ponto de partida para compreender a configuração das cidades e suas problemáticas é o processo de industrialização, pois possibilitou a empregabilidade e gerou oportunidade para população que vivia em áreas rurais, sendo que o setor industrial foi o principal responsável pela formação de grandes centros e dos problemas urbanos das cidades modernas (ZAZYKI; MARIN; MOURA, 2020).

A industrialização gerou uma grande concentração de pessoas em um mesmo local e a consequência deste rápido crescimento populacional refletiu-se nas ocupações urbanas desordenadas, que geram infraestrutura insuficiente e mal distribuída, processo acentuado de degradação ambiental, mobilidade urbana ineficiente, poluição, inundações frequentes em decorrência da impermeabilização do solo, sistemas ineficientes de drenagem urbana e maiores índices de violência, sendo estes problemas os mais evidentes nas metrópoles brasileiras.

Desta forma, impulsionado pelo contexto apresentado, a Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988), em seu artigo 30º instituiu que é dever do legislativo de cada município promover o ordenamento territorial das cidades e desenvolver instrumentos de planejamento urbano. Além disso, no artigo 225º determina que, “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

Conforme citado, a forma como os espaços urbanos são utilizados influenciam diretamente no metabolismo da cidade, podendo ocasionar impactos severos e muitas vezes irreversíveis para o ambiente e para o meio urbano. Para tanto é necessário direcionar e orientar a expansão das cidades por meio dos instrumentos de planejamento urbano, materializados pelas leis que instituem o Estatuto da Cidade, Plano Diretor (PD), Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU) e Leis Complementares Municipais essenciais para o desenvolvimento dos sistemas de infraestrutura e serviços, a fim de equilibrar e ordenar o território municipal.

Neste sentido, e levando em conta o crescimento das discussões acerca de sustentabilidade urbana, vale salientar a importância de relacionar estes instrumentos de planejamento urbano com a Agenda 2030 publicada em 2015 pela Organização das Nações Unidas (ONU), a qual possui 17 ODS e 169 metas que visam auxiliar países no combate às questões socioambientais até o ano de 2030. Esta interrelação se faz necessária na busca por cidades planejadas, resilientes e sustentáveis.

Portanto, o planejamento urbano pode ser considerado um aglomerado de medidas que analisa os aspectos de uma situação por meio

dos instrumentos de planejamento urbano e, assim, fórmula diretrizes para o crescimento ordenado dos centros urbanos, a fim de minimizar os problemas decorrentes do processo de urbanização. Além disso, visa alcançar a melhoria na qualidade de vida da população por meio dos aspectos ambientais, sociais e econômicos.

Diante das premissas apresentadas, o planejamento urbano surge como uma das ferramentas de ordenamento territorial mais importantes do poder público, sendo instituído pelo Estatuto da Cidade e materializado no Plano Diretor que regulamenta as demais legislações urbanísticas dos municípios. Os instrumentos de planejamento urbano são de extrema importância para compreender a formação dos espaços urbanos e por isso serão descritos na sequência.

2.1. Estatuto das cidades

A Constituição da República Federativa do Brasil promulgada no ano de 1988 é um dos principais instrumentos a enunciar competências explícitas democráticas, que visa assegurar tanto o exercício dos direitos sociais e individuais, a liberdade, a segurança, o bem-estar, o desenvolvimento, a igualdade e a justiça como valores supremos de uma sociedade fraterna, pluralista e sem preconceitos.

Desta forma, a constituição legitima competências que os municípios devem exercer, de modo a desenvolver suas funções, garantindo o desenvolvimento das funções da cidade de modo a atender as necessidades de seus habitantes. Ressalta-se da constituição o art. 30, VII, o qual destaca que cabe aos gestores municipais: “Promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano” (BRASIL, 1988).

No Capítulo II da Constituição aborda-se sobre Política Urbana, mais especificamente nos artigos nº 182 e 183, sendo o Plano Diretor a principal ferramenta de gestão e expansão urbana dos municípios. No entanto, para possibilitar a regulamentação deste capítulo, foi necessário a aprovação da Lei Federal 10.257 de 10 de julho de 2001, denominada de Estatuto da Cidade.

Neste sentido, o Estatuto da Cidade é considerado um grande marco para o urbanismo brasileiro, pois estabeleceu instrumentos de gestão a serem implantados pela União, Estados e Municípios, como normas que visam a ordem de desenvolvimento urbano e a função social das propriedades, assim como o bem estar dos cidadãos e o equilíbrio ambiental.

Além de ser o responsável pela elaboração de objetivos sólidos para se alcançar uma reforma urbana completa, também promove o acompanhamento e participação da sociedade nos processos de planejamento das cidades, algo que não existia até o momento (SERAFIM; RICCI, 2017).

O Estatuto da Cidade fortaleceu a importância e regulamentou

a aplicação da instituição do Plano Diretor como instrumento de direito à cidade, além de promulgar institutos políticos e jurídicos a fim de combater a desigualdade urbana. Como exemplo, a criação do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU), instrumento de outorga onerosa, direito de superfície e preempção, transferência do direito de construir e operação urbana consorciada.

Além disso, tornou-se uma importante ferramenta de gestão ambiental, fornecendo diretrizes para reverter o processo de ocupação urbana irregular, ao estabelecer medidas para uso e ocupação do solo, preservação e ocupação de áreas verdes, controle da impermeabilização nas cidades, assim como a intervenção preventiva e transferência da população das áreas de risco de inundações.

Impulsionado pela falta de planejamento urbano por parte do Estado, aliado as frequentes discussões quanto a sustentabilidade das cidades, levou o Governo Federal a publicar a Lei nº 12.608/2012, que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) (BRASIL, 2012) que, alterando os dispostos contidos no Estatuto da Cidade, exige que os municípios que pretendem expandir seu perímetro urbano elaborem um projeto específico sobre possíveis ameaças de desastres naturais.

Entre os objetivos da PNPDEC está a proibição da ocupação em áreas consideradas ambientalmente vulneráveis e de risco, além da realocação de pessoas residentes nessas áreas, reforçando a necessidade da atuação dos estados e municípios nas suas respectivas competências.

Neste sentido, o Estatuto da Cidade e a PNPDEC podem ser consideradas importantes ferramentas de gestão que visam promover também a sustentabilidade no meio urbano, podendo ser aplicados em conjunto com as diretrizes definidas no 11º e 13º ODS, que abordam sobre Cidades e Comunidades Sustentáveis e Ações Contra Mudanças Climáticas e tem como meta assegurar acesso a moradia digna e acessível a todos, garantir serviços básicos, urbanizar locais precários, além de reforçar a resiliência e a adaptação das cidades a riscos e catástrofes ambientais.

No Brasil os desastres são fortemente relacionados às ações antropogênicas, em geral no modo como as gestões públicas e privadas lidam com as relações entre crescimento urbano e características naturais das regiões ocupadas. Neste sentido, vale salientar que os riscos socioambientais, problemas relacionados a gestão das águas urbanas e problemas urbanísticos podem ser evitados e controlados por meio de aplicação e fiscalização eficientes dos instrumentos de planejamento urbano.

Apesar do Estatuto da Cidade abordar uma série de diretrizes que auxiliam no planejamento urbano, é evidente que ele próprio também seja um instrumento de planejamento, de proporções amplas e objetivos gerais, que ordena e organiza as necessidades mais específicas das cidades, como a obrigatoriedade de elaboração de Plano Diretor tornando-o um instrumento

de gestão essencial dos municípios brasileiros.

2.2. Plano Diretor Municipal

Anteriormente à Constituição Federal de 1988, não haviam definições legislativas concretas quanto à política urbana e a sua inclusão na Carta Magna se deu por meio da reivindicação de movimentos sociais sobre reformas urbanas (BURNETT, 2020).

Neste sentido, surge o Plano Diretor como uma ferramenta de gestão instituída pelo Estatuto da Cidade (2001), com a função de dar validade às disposições constitucionais de “ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes”, conforme estabelece o Art. 182 da Constituição Federal.

Um Plano Diretor bem elaborado deve levar em conta também questões relacionadas ao ambiente, a fim de prever e inibir ocupações que degradem os recursos naturais utilizando as metas de promoção de assentamentos humanos integrados, inclusivos, resilientes e sustentáveis, contidas no 11º ODS, que aborda sobre Cidades e Comunidades Sustentáveis.

O Plano Diretor é exigido para cidades com mais de 20 mil habitantes a fim de desempenhar a função de regular o uso e a ocupação do solo, definir os direitos de propriedade e os parâmetros que devem ser seguidos para uma expansão urbana ordenada, por meio de um conjunto de leis urbanísticas. Deve ainda ser revisado a cada dez anos, a fim de evitar que se torne obsoleto com o tempo e, assim, evolua conforme os preceitos da sociedade.

Para o Estado do Paraná, a Lei Estadual nº 15.229 de 25 de julho de 2006 instituiu a obrigatoriedade de Plano Diretor também para municípios com população inferior a 20 mil habitantes, ou seja, todos os 399 municípios paranaenses devem possuir Plano Diretor, a fim de exercer o controle e manutenção sobre o uso e a ocupação de seu solo.

O Plano Diretor deve ser organizado e executado com base em três enfoques, sendo eles: enfoque físico, social e administrativo (LIMA, 2019). Os autores destacam que o enfoque físico deve abordar questões de ordenamento territorial e parcelamento de solo urbano, além de contemplar todo o planejamento da cidade com base na qualidade de vida dos habitantes.

Já no enfoque social, devem ser observadas questões relacionadas às melhorias para a população, buscando transformar áreas impróprias em áreas a serem habitadas, proteger áreas verdes e áreas que estejam próximas a mananciais, além de oferecer aos habitantes condições para que se sintam acolhidos, por meio de equipamentos de recreação, saúde, educação, entre outros. No aspecto administrativo devem ser abordadas questões para que o Plano Diretor seja efetivo, como metas, objetivos, maneiras de execução e as execuções de revisões do plano.

Corroborando com os quesitos apresentados e considerando as

águas urbanas, bem como os problemas oriundos da intensa urbanização e a falta de drenagem (ou por vezes a drenagem ineficiente) nas cidades, surge o Plano Diretor de Drenagem Urbana – PDDrU como um instrumento de planejamento urbano voltado para a gestão das águas, auxiliando no controle da impermeabilização do solo e no sistema de drenagem, sendo de extrema importância para o desenvolvimento sustentável da cidade. Este instrumento está diretamente relacionado ao 6º ODS, sobre disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento, que tem como meta promover e garantir a disponibilidade sustentável da água e saneamento básico a toda a população.

Para tanto, o PDDrU tem como objetivo estabelecer os mecanismos de controle e infraestrutura relacionados ao escoamento das águas e dos rios da cidade, visando melhoria da qualidade de vida da população, do ambiente e a minimização de perdas e prejuízos econômicos, por meio da gestão integrada dos recursos hídricos e consequentemente melhorar a qualidade da água.

Em síntese, o Plano Diretor e o Plano Diretor de Drenagem Urbana têm a função de estabelecer diretrizes para a gestão urbana dos municípios. Dentre elas se destacam o parcelamento, uso e ocupação do solo urbano, além de garantir e efetivar o desenvolvimento sustentável da cidade por meio da gestão das águas urbanas combinada à intensidade da expansão urbana.

2.3. Uso e ocupação do solo urbano

Lei de Uso e Ocupação do Solo Urbano é a responsável pela definição das normas gerais em relação ao desenvolvimento e à expansão urbana da cidade. Para que as ocupações urbanas ocorram conforme a zona estipulada e os seus parâmetros urbanísticos sejam atendidos, toda e qualquer intervenção no solo urbano e rural deve seguir os preceitos definidos por esta lei.

Assim como o Plano Diretor, a exigência de regulamentação de uso e ocupação do solo urbano de um município também consta no Estatuto da Cidade (2001), onde é definido que o Plano Diretor deverá dispor de parâmetros de uso e ocupação do solo, a fim de promover a diversidade dos usos e consequentemente promover a geração de empregos e descentralização de serviços.

O Plano Diretor, por sua vez, estipula que parâmetros de uso e ocupação do solo deverão ser tratados por ele e por lei específica, devendo garantir que a intensidade de uso do solo urbano seja proporcional à infraestrutura de serviços públicos e urbanos disponíveis. Neste sentido, a compatibilização e a eficiência dos projetos de drenagem e saneamento se interligam diretamente ao controle do uso e ocupação do solo, visto que o escoamento superficial é influenciado pela impermeabilização do solo e pela alta densidade populacional causadas pela urbanização.

Desta forma, a gestão das áreas urbanas com foco no controle do uso e ocupação do solo é um processo muito importante para a expansão racional da cidade, tem a função de auxiliar sobre questões sociais e preservação de áreas verdes e recursos hídricos, por meio da criação de zonas de proteção ambiental onde se torna proibido qualquer tipo de atividade ou ocupação humana.

Nos preceitos desta legislação, pode ser definida a porcentagem mínima de permeabilidade que deva ser mantida em cada lote, a fim de assegurar a infiltração de parte da água da chuva na fonte onde o escoamento superficial é gerado e evitar a sobrecarga no sistema de drenagem. Porém, nota-se que não é o que acontece em muitos centros urbanos, devido à falta de controle e aplicabilidade deste instrumento urbanístico, ocasionando muitos episódios de alagamentos urbanos.

Relacionando esta lei com a busca pela sustentabilidade das cidades, verifica-se que pode ser considerada um instrumento para a concretização do 6º, 11º e 13º ODS, os quais tratam sobre metas para alcançar água limpa, saneamento e cidades e comunidades sustentáveis, além de ações contra mudanças climáticas, respectivamente.

Estes objetivos podem ser alcançados por meio da aplicação das ferramentas de exercício da função social da cidade, definida no Estatuto da Cidade (2001), como a promoção da sustentabilidade quanto ao uso e ocupação do solo seja urbano ou rural; regulamentação e distribuição da locação de atividades no município; diminuição do impacto de atividades antrópicas, isolando-as das demais atividades urbanas; disciplina na implantação de edificações em todo o município; definição de padrões de densidade urbana e ordenação da construção do espaço urbano a fim de garantir a qualidade da morfologia e da paisagem urbana.

Por fim, com as diretrizes de expansão do município definidos na lei de uso e ocupação do solo é possível então, formular o parcelamento do solo, dimensões e áreas mínimas conforme o uso da região.

2.4. Parcelamento do solo urbano

O crescimento desordenado dos centros urbanos ocasiona diversos problemas urbanísticos, dentre eles, o surgimento de propriedades em situações irregulares de ocupação do solo (SILVA; FERNANDES; LEITE, 2018). Para o controle desta expansão, é necessário que o município regule a ocupação e a distribuição da população, neste sentido a lei de parcelamento do solo urbano surge como um dos instrumentos de política urbana capazes de promover este controle.

Neste contexto, a Lei 6.766/79 e suas alterações, aprovada em 1979, é a atual Lei Federal de parcelamento do solo urbano, em vigência em todo o território nacional. Essa lei aborda, em suma, disposições preliminares e requisitos mínimos para o parcelamento de solo urbano em todo o território

nacional, ficando a cargo de municípios alterações mais específicas.

Nesta legislação surge também o conceito de parcelamento de solo, o qual pode ser realizado por meio de loteamento ou desmembramento, sendo loteamento definido como a subdivisão de uma gleba em lotes, a fim de abrigar edificações, com a abertura de novas vias ou modificação das existentes. Já desmembramento é a subdivisão de uma gleba em lotes destinados a edificações, com a utilização do sistema viário existente, não sendo permitido a abertura ou modificação das vias implantadas.

Desta forma, o parcelamento do solo é considerado uma ferramenta de ordenamento territorial, instituída pelo Plano Diretor e age transformando uma determinada área em ruas e lotes independentes, voltados a abrigar edificações sejam residenciais, comerciais, industriais, equipamentos urbanos (sistemas de esgotamento sanitário, drenagem urbana, sistemas de distribuição de água potável, etc.) e comunitários (educação, lazer, cultura, etc.), entre outros; desta forma o loteamento passa a integrar a paisagem urbana da cidade, na forma de bairro.

O principal objetivo desta lei é a definição de parâmetros mínimos para que seja possível o parcelamento de solo, não o permitindo em regiões alagadiças e propensas a inundações; terrenos aterrados com materiais nocivos à saúde; locais com declividade igual ou superior a 30%; terrenos inapropriados geologicamente; além de proibir o parcelamento de solo em locais de preservação ecológica ou locais poluídos. Vale salientar que muitos municípios paraenses como Maringá/PR, Londrina/PR e Curitiba/PR possuem sua própria legislação de parcelamento de solo, onde algumas diretrizes se tornam mais restritivas.

Desta forma, com o zoneamento definido pelo Plano Diretor e regulamentado pela lei complementar de uso e ocupação do solo, é possível definir as dimensões dos lotes por meio da lei complementar de parcelamento de solo, sendo a responsável também por garantir que em cada unidade seja possível inserir e atender aos parâmetros urbanísticos, como coeficiente de aproveitamento, recuo frontal, afastamentos das divisas, altura máxima das edificações, taxa de ocupação e taxa de permeabilidade/área permeável do lote, parâmetros estipulados na lei de uso e ocupação do solo.

A lei de parcelamento do solo é capaz de promover a ocupação padronizada em toda a cidade, sendo, juntamente com a lei de uso e ocupação do solo, um dos principais instrumentos de planejamento urbano, auxiliando no atendimento das metas referente ao 11º ODS Cidades e Comunidades Sustentáveis, assim como todos os instrumentos de planejamento apresentados, promovendo a sustentabilidade por meio das delimitações quanto às áreas mínimas para que se tenha ocupações urbanas, além de proibir o parcelamento de solo em locais impróprios, inibindo assentamentos irregulares e em locais próximos a cursos d'água e áreas verdes.

Com a definição das diretrizes mínimas que todo município deve

atender é possível verificar a qualidade de vida da população, a preservação do meio ambiente, a distribuição econômica territorial, ou seja, quesitos que auxiliam na busca e efetivação pelo desenvolvimento sustentável das cidades.

Os instrumentos de planejamento urbano, materializados nas legislações urbanísticas, tem a função de ordenar o espaço urbano e garantir a função social da cidade, estabelecida na Constituição Federal de 1988, assegurando o pleno desenvolvimento das funções sociais, ambientais, econômicas, culturais e governamentais da cidade.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para que um planejamento urbano seja efetivo deve, necessariamente, ser regulamentado por leis, a fim de manter padrões de desenvolvimento equilibrados. Este planejamento deve ser elaborado visando organização e definição dos instrumentos adequados a fim de se alcançar os objetivos pretendidos. Por isso planeja-se para articular o que já se tem com o que é necessário realizar.

Para a efetivação dos direitos sociais, o planejamento urbano se torna de extrema importância, porém não suficiente. É indispensável a criação de políticas públicas integradas, além do controle dessas políticas, por meio da participação da sociedade na elaboração, aplicação e fiscalização. Desta forma, embora os instrumentos de planejamento urbano sejam hábeis para o desenvolvimento sustentável, é necessária a colaboração da comunidade, de tal forma que ela se sinta participante, envolvida com o processo decisório que lhe interessar.

Portanto, para que seja possível alcançar o desenvolvimento urbano equilibrado levando em consideração os aspectos sustentáveis (ambiental, social e econômico), com o auxílio dos objetivos e metas estipuladas pela Agenda 2030 e a participação da população, é necessário que o poder público esteja empenhado em aplicar, monitorar e fiscalizar o disposto nos instrumentos de planejamento urbano, os quais foram evidenciados nesta pesquisa, pois são nestes documentos que constam as diretrizes para um planejamento urbano eficiente, com qualidade e que promova e incentive a sustentabilidade nas cidades, garantindo a qualidade de vida e bem estar da comunidade.

REFERÊNCIAS

JACOBI, P. R; GRANDISOLI, E. **Água e sustentabilidade: desafios, perspectivas e soluções**. São Paulo: IEE-USP e Reconecta, 2017. 1ª Edição.

BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado, 1988.

BRASIL. **Lei 6.766 de 1979**. Publicada em 19 de dezembro de 1979. Disponível em http://www.planalto.gov.br/CCivil_03/leis/L6766.htm. Acesso em: 22 jun. 2020.

BRASIL. **Lei n. 10.257**. Publicada em 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, DF: Senado, 2001.

BRASIL. **Lei n. 12.608**. Publicada em 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nºs 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Brasília, DF: Senado, 2012.

BRASIL. **Lei n. 15.229**. Publicada em 25 de julho de 2006. Dispõe sobre normas para execução do sistema das diretrizes e bases do planejamento e desenvolvimento estadual, nos termos do art. 141, da Constituição Estadual. Diário Oficial do Estado, Poder Executivo, Curitiba, PR. 25 de Julho, 2006. p. 03

BURNETT, F. **Planejamento urbano, ideologia positivista e cidades mais justas. O caso do Brasil**. Bitácora Urbano Territorial, v. 30, p. 15–25, 1 jan. 2020.

CBCS - Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/website/comite-tematico/atividades-em-andamento.asp?cctCode=DE5BBC5D-080F-4B2C-8D59-22318AA71FAB>. Acesso em: 28 jun. 2021.

FURTADO, N. F. **A agenda 2030 e a redução de desigualdades no brasil: análise da meta 10.2**. p. 45, 2018.

LIMA, R. F. V. M. **Planejamento urbano e o desafio da gestão ambiental**. p. 1-388–416, 2019.

IPEA - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/ods11.html>. Acesso em: 30 set. 2021.

SERAFIM, M. P.; RICCI, M. S. **O Planejamento Urbano e a Materialização do Plano Diretor: uma análise comparativa entre Bauru e Piracicaba**. Redes (St. Cruz do Sul Online), v. 22, n. 1, p. 118–141, 2017.

SILVA, T. M.; FERNANDES, J. M.; LEITE, M. E. **A importância da Lei 6.766/79 para o crescimento ordenado da cidade**. p. 11, 2018.

ZAZYKI, M. A.; MARIN, S.; MOURA, G. L. DE. **Impactos da urbanização brasileira e o direito de propriedade**. Revista Gestão e Desenvolvimento, v. 17, n. 3, p. 34–55, 21 out. 2020.

INSTRUMENTS FOR URBAN PLANNING AND THE SUSTAINABLE MANAGEMENT OF CITIES

ABSTRACT - There is a growing perception in cities all over the world that it is necessary to implement new management models that are efficient in terms of an environmental degradation issue that urban organisms face. The possibility of guaranteeing the well-being of the population arises with the application of systemic services through governance, with the benefits of supporting decision makers and required parties in the generation of regulations and legislation that seek environmental regulations and social services of effect, promoting economic development based on sustainability. However, the potential benefits are only partially explored due to a lack of an understanding of what those benefits are and how to implement them. In this search, urban planning and its instruments make it possible to understand and translate the principles into the project, the new concept of scientific knowledge applied to resilient and sustainable cities. Within this context, the general objective of this chapter is to present urban planning as an instrument of urban management, addressing urban legislation and issues related to the Sustainable Development Goals (SDGs), relating the City Statute, Municipal Master Plan, Drainage Master Plan Urban, land use and occupation legislation and land subdivision with sustainable urban management.

KEYWORDS: Urban development; Urban water management and sustainability; Urban engineering and legislation.

GESTÃO INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO

Diego Sanches

lattes.cnpq.br/6370116409476402

Sanches Engenharia Urbana,
Paçandu, Paraná

Alex Simões Bosso

lattes.cnpq.br/4763494184977607

Universidade Estadual de Maringá
(UEM), Maringá, Paraná

David Américo Nakagawa

lattes.cnpq.br/9360804802789437

Universidade Estadual de Maringá
(UEM), Maringá, Paraná

**Renan Henrique Casarim de
Albuquerque**

lattes.cnpq.br/7025588986146960

Centro Universitário Metropolitano
de Maringá (Unifamma), Maringá,
Paraná

como ferramenta auxiliar na gestão municipal é uma solução que adequa os pequenos municípios às normas estabelecidas sem comprometer orçamentos.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão compartilhada; Políticas públicas; Sociedade civil; Poder público.

1. INTERMUNICIPALIDADE COMO FERRAMENTA AUXILIAR DE SANEAMENTO BÁSICO

Historicamente, no Brasil, os investimentos para o saneamento foram concentrados em grandes centros urbanos, fazendo com que municípios de pequeno porte ficassem desprovidos deste fator básico para o desenvolvimento sustentável de qualquer comunidade (DA ROZA E ARAUJO, 2020). Esse fato vai de encontro com a Lei Federal nº 11.447/2007 que instituiu a Política Nacional de Saneamento Básico e o Decreto Regulamentador nº 7.217/2010 que determinam que o saneamento básico deva ser universal, além de demandar a obrigatoriedade da regulação do saneamento como condição de respaldo para os contratos de serviços públicos, ao aplicar o princípio de regulação da fiscalização.

RESUMO – Nesse capítulo, apresentaremos a gestão intermunicipal de saneamento básico como uma ferramenta para auxiliar os gestores municipais em tomadas, assim como os principais entraves na implantação dessa ferramenta. Conclui-se que a intermunicipalidade

Levando em conta que, no Brasil, mais de 80% dos municípios têm uma população inferior a 30 mil habitantes (IBGE, 2016) e que a Confederação Nacional dos Municípios (CMN) reconhece como sendo de pequeno porte os municípios com até 50 mil habitantes (CMN, 2015), fica nítido que, devido ao tamanho reduzido da população e restrições subseqüentes, a maior parte dos municípios brasileiros necessitam de ferramentas para auxiliar no seu ciclo de saneamento, que deve formar um trabalho em equipe entre o poder público, as empresas prestadoras dos serviços e os moradores do município.

Uma das ferramentas que os gestores municipais têm a sua disposição é a Lei de Consórcios Públicos e da Gestão Associada (Lei Federal nº 11.107/2005), regulamentada pelo Decreto Federal nº 6.017/2007 e respaldada pelo artigo 241 da Constituição Federal. Nela, as estruturas de cooperação entre municípios ganham bases legais, trazendo uma segurança político-institucional e soluções jurídico-administrativas para impasses que, sozinhos, os municípios não conseguiriam resolver (PLANSAB, 2019). Mello (2012) ressalta que a gestão associada é uma modalidade de cooperação onde uma ou mais pessoas jurídicas do direito público interno irão gerenciar, de comum acordo, os serviços públicos, estando inclusos planejamento, regulação, fiscalização e prestação dos serviços.

Outro ponto que dá base legal para essa gestão associada é o acórdão do Supremo Tribunal Federal (STF) que dispõe:

A instituição de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas ou microrregiões pode vincular a participação de municípios limítrofes, com o objetivo de executar e planejar a função pública do saneamento básico, seja para atender adequadamente as exigências de higiene e saúde pública, seja para dar viabilidade econômica e técnica aos municípios menos favorecidos. Repita-se que este caráter compulsório da integração metropolitana não esvazia a autonomia municipal. (STF, 2013)

Ou seja, os serviços de saneamento básico são de competência do município e ele não perde o domínio quando inserido em uma região metropolitana. Porém, estará comprometido com a gestão compartilhada por meio dos consórcios públicos ou convênios de cooperação. Nesse sistema de consórcios públicos é necessária uma agência reguladora que será a responsável pela regulação dos serviços de saneamento, para que seja garantido uma autonomia administrativa, orçamentária e financeira. Segundo Silva (2006) a autonomia administrativa se dá pelo fato de que:

[...] a autonomia administrativa das agências reguladoras é a investidura por tempo certo de seus dirigentes, o que significa dizer que eles somente podem ser afastados

do cargo que ocupam antes do vencimento do prazo previsto mediante o cometimento de falta grave, apurada está em processo administrativo ou judicial, e desde que observado o contraditório e a ampla defesa [...].

Junto com esse ponto levantado por Silva, tem-se a garantia de que a investidura dos dirigentes não pode coincidir com períodos de eleições, por motivos óbvios. E a autonomia financeira e orçamentária se dá pela autogestão financeira, com recursos providos de um contrato pré-estabelecido pelas partes interessadas do consórcio público.

1.1. Considerações

A gestão intermunicipal de saneamento apresenta-se como uma ferramenta para auxiliar os gestores municipais a garantir os requisitos estabelecidos por leis como a universalidade do saneamento básico, sem comprometer os recursos financeiros e resolver outros impasses que podem ocorrer nessa gestão compartilhada que serão aprofundados nos próximos tópicos desse capítulo, assim como a relação entre o poder público e a sociedade nessa gestão.

2. VANTAGENS DA GESTÃO INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO

Os consórcios intermunicipais de gestão de saneamento constituem uma estratégia vantajosa de cooperação que busca unir esforços para otimizar a gestão e, inclusive, melhorar a qualidade de vida da população. Este tipo de arranjo pode ser empregado como “parte da estratégia de descentralização de algumas políticas públicas” (CRUZ, ARAÚJO & BATISTA, 2012).

No estudo “Consórcios intermunicipais para a gestão de resíduos sólidos: estudo de caso em municípios do estado de São Paulo”, realizado por Santiago et al. (2018), são apontados, como vantagens, o ganho de escala e a minimização de impactos ambientais. Nesta pesquisa, o município de São Carlos destacou a redução de custos para a municipalidade como uma das vantagens de participação em consórcios. Todavia, coordenar a gestão conjunta entre tantos municípios foi destacada como um problema para a estratégia de gestão intermunicipal. Os municípios pesquisados tiveram uma percepção dos consórcios intermunicipais como estratégias vantajosas do ponto de vista técnico. No entanto, todos destacaram os entraves políticos e burocráticos, bem como a dificuldade de alinhamento político entre as municipalidades. Os autores concluem que estes obstáculos levam os municípios, em um primeiro momento, a descartarem essa alternativa como parte de sua estratégia de gestão de saneamento. Assim sendo, faz-se necessária a busca por estratégias que viabilizem as soluções consorciadas e proporcionem vantagens como a economia de recursos no

planejamento com a elaboração de um plano regional. Os autores destacam ainda a possibilidade de que agências reguladoras atuem como entidades articuladoras (SANTIAGO et al., 2018).

De acordo com a Confederação Nacional dos Municípios (CNM), as áreas de Consórcios e de Saneamento da Confederação listam, entre os benefícios da prática da gestão intermunicipal de saneamento:

- melhores custos de operação;
- manutenção e administração de serviços e instalações como coleta de lixo e aterros sanitários;
- ganhos de escala e o planejamento regional, de maneira a conciliar as dificuldades e as soluções entre diferentes cidades e regiões;
- incluindo, por fim, as áreas metropolitanas e rurais, que complementam a lista de vantagens para os municípios consorciados (CNM, 2021).

2.1. Considerações

Dentre as vantagens da gestão compartilhada pelas administrações dos municípios, destacam-se a possibilidade de implantação de projetos adequados, técnica e ambientalmente, para instalações de saneamento, principalmente sanitárias. Em especial, se houver integração com propósito além do compartilhamento de instalações de destinação final de rejeitos ou esgotamento sanitário, mas partindo para uma gestão conjunta em todas as etapas, e em ordem de prioridade: tratamento e abastecimento de água, políticas de redução de consumo, reutilização e reciclagem de recursos hídricos, tratamento dos resíduos sólidos e esgoto, e disposição final ambientalmente adequada. Na estruturação desta integração, percebe-se uma região integrada como destino único de fornecimento e geradora única dos resíduos sólidos e esgoto, cuja necessidade de abastecimento ou a responsabilidade de coleta, transporte e destinação final deve ser entendida como de todos os usuários, independentemente se habitam locais mais ou menos urbanizados.

Por fim, ao analisar-se os modelos vigentes de consórcio intermunicipal de saneamento, principalmente na gestão sanitária, observa-se que existe a possibilidade de ganhos financeiros quando há integração dos sistemas dos municípios e tudo indica que a qualidade pode ser mantida ou melhorada, considerada a vantagem expressiva da divisão de custos de instalação e operação, além de unificação de sistemas de abastecimento, reservatórios e pontos de rejeito e aterros. Bem como o impacto ambiental decorrente, pode ser analisado em conjunto e reduzido ou controlado de forma mais estruturada e eficiente.

3. OS DESAFIOS PARA GESTÃO INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO

A Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1988), em seu Artigo nº 225, enfatiza a importância do meio ambiente ecologicamente equilibrado, além de impor ao Poder Público e a coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo. O legislador já expressava essa preocupação com a aprovação da Política Nacional do Meio Ambiente (Brasil, 1981). Posteriormente, construiu-se no Brasil um grande arcabouço jurídico com o intuito de preservar o meio ambiente.

A Política Nacional de Recursos Hídricos (Brasil, 1997), conhecida como Lei das Águas, estabeleceu instrumentos para o gerenciamento de recursos hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Foi um grande avanço para a gestão do saneamento básico.

Em 1998, a Lei de Crimes Ambientais (Brasil, 1998) foi sancionada. E trouxe, como maior avanço, a determinação de sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.

Aprovado em 2001, o Estatuto da Cidade (Brasil, 2001) enfatiza que as cidades devem ser sustentáveis e que todos têm direito ao saneamento ambiental.

Reforçando a ligação entre meio ambiente sustentável e o saneamento básico, a Lei Nacional de Saneamento Básico (Brasil, 2007) estabeleceu diretrizes e ampliou o conceito de saneamento básico. Além disso, definiu regras para cobrança de tarifas e taxas. Posteriormente, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010) enfatizou a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos e estabeleceu o fim dos lixões. Sancionado em 2020, o Novo Marco Legal do Saneamento Básico (Brasil, 2020) expressa a obrigatoriedade de os contratos preverem metas de desempenho e estimula a concorrência e a privatização das empresas estatais de saneamento. Além disso, defende como princípio a regionalização dos serviços de saneamento.

Em síntese, observa-se que a legislação preza pela proteção ambiental e coloca grande parte da responsabilidade sobre os ombros dos gestores públicos, que podem ser punidos penal e administrativamente por atitudes ou omissão que acarrete danos ao meio ambiente.

Indo além, os gestores públicos precisam garantir que o Saneamento Básico avance em seu município, seguindo os princípios fundamentais, elencados pela Política Nacional de Saneamento. O desafio é gigante, pois, segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS (Brasil, 2019a), apenas 83,7% das famílias brasileiras são atendidas por rede de abastecimento de água e 54,1% têm seu esgoto coletado. Quando olhamos para o tratamento de esgotos, os números são ainda piores. Do esgoto gerado no Brasil, apenas 49,1% é devidamente tratado (Brasil, 2019a).

Em relação aos resíduos sólidos o cenário também não é animador. Mesmo com 92,1% dos resíduos gerados coletados, 24,9% do total de

resíduos dispostos em solo foram dispostos de maneira inadequada, em aterros controlados ou lixões (Brasil, 2019b).

No setor da drenagem urbana não é diferente. As vias públicas pavimentadas e com meio fio na área urbana dos municípios brasileiros somam 62,8% do total, mas apenas 15,1% têm redes de drenagem ou canais pluviais adequados (Brasil, 2019c). A gestão intermunicipal de saneamento aparece como uma das possíveis soluções para estes problemas. As vantagens deste modelo de gestão já foram apresentadas neste documento. Na sequência apresenta-se os seus maiores desafios.

3.1. Falta de recursos e estrutura

Segundo dados da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN, 2019), 73,9% dos municípios brasileiros estão com a gestão fiscal em situação difícil ou crítica. Isso é um grande empecilho na estruturação de consórcios intermunicipais.

Uma possível solução é a captação autônoma de recursos financeiros pelos consórcios intermunicipais, especialmente com a contratação de operações de crédito. A Resolução do Senado Federal nº 15 de 2018 (Brasil, 2018) possibilita que os consórcios realizem empréstimos e financiamentos, e estabeleceu regras específicas a eles aplicados.

3.2. Necessidade de alocação de valor inicial alto para viabilizar consórcio

Mais da metade dos municípios do Brasil tem nível crítico de investimento, destinando 3% ou menos de suas receitas para investimentos (FIRJAN, 2019). Isso inviabiliza a criação de consórcios intermunicipais que demandem alocação de capital inicial alto.

3.3. Falta de apoio governamental nas esferas estadual e federal

A partir da Constituição Federal de 1988, as obrigações frente ao Saneamento foram transferidas de forma progressiva aos municípios. Mesmo com o incentivo dado aos consórcios na Política Nacional de Resíduos Sólidos, ainda falta muito suporte federal e estadual aos municípios quando se trata da criação e manutenção de consórcios de saneamento.

3.4. Falta de cooperação política entre os municípios e dificuldade de intercâmbio técnico

Existem 33 partidos políticos no Brasil (Brasil, 2021). Neste cenário é difícil a cooperação política entre os gestores municipais, que muitas vezes colocam a política partidária a frente do interesse público municipal. Isso leva a uma realidade de muita pouca cooperação e intercâmbio técnico entre os

municípios.

3.5. Problemas logísticos

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), a concentração populacional do nosso país é de 22,4 hab./km², valor considerado baixo. Entretanto, o Brasil tem dimensões continentais e realidades regionais muito distintas entre si, e essa densidade populacional varia bastante. Em regiões em que a distância média entre municípios é grande, torna-se mais difícil a implantação de um consórcio intermunicipal de saneamento.

3.6. Burocracia

A criação de um consórcio intermunicipal é burocrática e pode ser demorada. Precisa passar por diversas etapas, tais como:

- i. Identificação de objetivos e interesses comuns;
- ii. Elaboração de estudos de viabilidade;
- iii. Elaboração de Protocolo de Intenção;
- iv. Ratificação do Protocolo nas Câmaras Municipais;
- v. Elaboração de contrato de consórcio público;
- vi. Obtenção de CNPJ e abertura de conta bancária;
- vii. Alocação de recursos orçamentários;
- viii. Elaboração de Contrato de Rateio;
- ix. Elaboração de Contrato de Programa.

O excesso de burocracia, portanto, pode dificultar a criação de novos consórcios intermunicipais.

3.7. Resistência pública para o município receber passivos ambientais

Em alguns consórcios, um ou mais municípios precisam concentrar em si o recebimento de passivos ambientais. É o caso, por exemplo, de consórcios para destinação final de resíduos sólidos urbanos, em que o município sede do aterro sanitário fica com o passivo ambiental, em troca de vantagens logísticas ou financeiras.

Constata-se que, de modo geral, a população do município afetado é contra. Isso se deve ao impacto gerado nas imediações de um aterro sanitário, além do estigma de, em jargão popular, receber o lixo dos vizinhos. Esta é uma questão que muitas vezes precisa ser superada na implantação de consórcios intermunicipais de saneamento.

3.8. Considerações

A gestão intermunicipal de saneamento apresenta-se como uma das possíveis soluções para os grandes desafios impostos aos municípios brasileiros neste segmento. Entretanto, nem sempre sua implantação é simples. Apresentamos neste documento que existem dificuldades para que os consórcios possam ser implantados de maneira mais ampla. Algumas dificuldades são de origem técnica, outras de origem política, porém todas igualmente desafiadoras. Cabe destacar que essas limitações podem ser superadas por meio da captação autônoma de recursos, pela cooperação técnica entre os entes, pela transparência na gestão administrativa e política e por campanhas informativas direcionadas à população impactada. Os consórcios, portanto, podem ser considerados uma excelente opção para uma melhor gestão do saneamento básico no Brasil.

4. RELAÇÕES ENTRE PODER PÚBLICO E SOCIEDADE NA GESTÃO INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO

De acordo com dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD, 2015) a maior parte da população brasileira, 84,72% vivem nas áreas urbanas. A conurbação entre os centros urbanos criam regiões metropolitanas que dividem problemas e requerem soluções em conjunto. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2020), classifica região metropolitana como sendo “uma região estabelecida por legislação estadual e constituída por agrupamentos de municípios limítrofes (que fazem fronteiras), com o objetivo de integrar a organização, o planejamento e a execução de funções públicas de interesse comum”, sendo elas classificadas como Regiões Metropolitanas (RM) e como aglomerações urbanas e as Regiões Integradas de Desenvolvimento (RIDE). De acordo com IBGE (2020), existem, no país, 74 regiões metropolitanas. Além disso, no país há um total de cinco Aglomerações Urbanas, sendo três no estado de São Paulo e duas no Rio Grande do Sul, possuindo uma população de 89.420.179 milhões de habitantes.

As RM exigem um desafio na construção de políticas públicas, dentre as possibilidades temos a utilização dos consórcios intermunicipais. Os consórcios são parcerias entre os municípios para a realização de programas e de ações conjuntas em prol de um objetivo em comum, aperfeiçoando a qualidade dos serviços públicos prestados à população das regiões onde são implementadas. Essa iniciativa foi instituída pelo marco legal para os consórcios intermunicipais redigida pela Lei Federal nº 11.107, de 2005 (BRASIL, 2005), que dispõe sobre normas gerais para a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios contratarem consórcios públicos para a realização de objetivos de interesse comum. Podemos destacar que hoje, no Brasil, temos alguns tipos de consórcios em vigência e podemos citar os

consórcios intermunicipais em ações de saneamento, de infraestrutura, de energia elétrica, construção de estradas e de saúde pública, entre outros.

4.1. O poder público e a governança pública

O estado tem papel fundamental na estrutura organizacional da sociedade, segundo José Matias-Pereira (2018) o Estado existe fundamentalmente para realizar o bem comum. Nesse sentido, enquanto forma de organização política por excelência da sociedade, pode ser aceito como o espaço natural de desenvolvimento do poder político.

É através do estado a implementação e sustentabilidade de um consórcio público intermunicipal e para isso deve haver a existência de uma ou mais governanças públicas. O conceito de governança pública traz a ideia de uma liderança que segue parâmetros quanto à sua capacidade de gestão pública administrativa e na implementação das políticas públicas. Também temos parâmetros relacionados quanto ao poder de articulação e cooperação entre os agentes estabelecidos e entre os atores políticos, sociais e de interesse privado, no processo de construção, manutenção e acompanhamento dos planos de saneamento básico que serão desenvolvidos e implementados pelos consórcios.

Diante disso, o Tribunal de Contas da União (TCU) toma, como funções da governança, as ações de avaliar, com fundamento em evidências (o ambiente, os cenários, as alternativas, o desempenho e os resultados atuais e os almejados), direcionar (priorizar e orientar a preparação, a articulação e a coordenação de políticas e de planos, alinhando as funções organizacionais às necessidades das partes interessadas (usuários dos serviços, cidadãos e sociedade em geral) e assegurando o alcance dos objetivos estabelecidos) e monitorar (os resultados, o desempenho e o cumprimento de políticas e planos, confrontando-os com as metas estabelecidas e as expectativas das partes interessadas) e, para que essas funções sejam executadas a contento, indica como necessários os mecanismos de liderança, estratégia e controle, elencadas com suas práticas (TCU, 2.021, p.17-19).

Assim, quando falamos da presença de governança pública, dizemos que ela se torna elemento essencial para a efetivação e êxito do sucesso da implementação dos consórcios públicos intermunicipais.

4.2. A sociedade civil e sua representatividade

Quando falamos de sociedade e sua representatividade, lembramos dirimente sobre a democracia, ela é um fator determinante para o desenvolvimento e diminuição das desigualdades, a necessidade de formulação de estruturas de gerenciamento e controle com a participação da sociedade tende a aumentar a descentralização das tomadas de decisões, resultando em uma amostragem cada vez maior e mais heterogênea de diversas partes para que o planejamento seja feito de maneira sustentável e

que traga continuidade do processo.

A Constituição Federal de 1988 traz, em seu art. 1º, a consolidação do estado democrático de direito. No parágrafo único do mesmo artigo está escrito que “Todo o poder emana do povo, que o exerce por meio de representantes eleitos ou diretamente, nos termos desta Constituição” (BRASIL, 1988b). Nesse caso, fica exposto que as representações no país se fazem por meio de eleições, referendos, plebiscitos, iniciativa popular ou audiências públicas. Segundo Robert Dahl (1989), a democracia ideal tem como característica fundamental o comprometimento do governo às preferências dos cidadãos.

Uma ferramenta que foi instituída é o Estatuto da Cidade, em seu texto, existem instrumentos, regulamentos e as ferramentas para desenvolvimento de gestão democrática da cidade, o qual ampliou a participação cidadã nas tomadas de decisões municipais e locais, aproximando o poder público da população no que concerne à construção das cidades (BRASIL, 2001). Tais mecanismos somente se efetivaram por meio da combinação entre democracia representativa, a qual é representada pela sociedade civil, e pela democracia direta, a qual é representada pelos agentes políticos eleitos. Dentro do arcabouço do Estatuto da Cidade, estão os planos diretores municipais e regionais que vão guiar a implementação dos planos intermunicipais de saneamento básico.

O plano diretor pode ser definido como um conjunto de princípios e regras orientadoras da ação dos agentes que constroem e utilizam o espaço urbano. (BRASIL, 2002, p. 40). Segundo Saboya (2007, p. 39), o plano diretor é um documento que sintetiza e torna explícitos os objetivos consensuados para o Município e estabelece princípios, diretrizes e normas a serem utilizadas como base para que as decisões dos atores envolvidos no processo de desenvolvimento urbano convirjam, tanto quanto possível, na direção desses objetivos. Seria um plano que, a partir de um diagnóstico científico da realidade física, social, econômica, política e administrativa da cidade, do município e de sua região, apresenta um conjunto de propostas para o futuro desenvolvimento socioeconômico e futura organização espacial dos usos do solo urbano, das redes de infraestrutura e de elementos fundamentais da estrutura urbana, para a cidade e para o município, propostas estas definidas para curto, médio e longo prazos, e aprovadas por lei municipal (VILLAÇA, 1999, p. 238).

4.3. Consórcios públicos intermunicipais

Hoje, quando falamos sobre consórcios públicos, temos como maiores exemplos os consórcios de saúde que visam atender a demanda de uma região, onde um município e/ou mais municípios se tornam referência de uma determinada área, concentrando grande parte dos serviços de profissionais e especialistas para atendimento específico da população que contempla o consórcio.

Os consórcios intermunicipais podem desempenhar papel fundamental na descentralização da gestão pública, trazendo maior transparência e conscientização pública para o emprego da gestão intermunicipal de saneamento básico.

Segundo Ventura e Kussaba (2015), a gestão associada de serviços públicos pode ser promovida tanto por meio de consórcio público como por convênio de cooperação disciplinado por lei. A possibilidade de atendimento foi obtida a partir da promulgação da Lei Federal nº 11.107/2005, que dispõe sobre normas gerais para a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios contratarem consórcios públicos para a realização de objetivos de interesse comum (BRASIL, 2005) e que tornou o consórcio uma maneira para implementação de políticas públicas por meio de agentes políticos e da sociedade civil, já que o consórcio público passou a assumir natureza jurídica de associação pública ou personalidade jurídica de direito privado, nos termos do art. 1º, parágrafo 1, conforme a conveniência dos seus entes formadores.

Essa lei ainda traz instrumentos facilitadores para a criação dos consórcios. Um aspecto é na introdução do contrato em forma de rateio: esse modelo de contrato tem por finalidade reduzir e dificultar a possibilidade de alguma interrupção da prestação dos serviços prestados pelos consórcios intermunicipais de saneamento. Cabe frisar que os entes consorciados devem ter, em seu orçamento, o respectivo valor consignado de forma a atender as despesas assumidas pelo consórcio. Porém, encontra-se um problema nessa relação, já que os orçamentos dos municípios são anuais e impositivos, o que pode dificultar um remanejamento em casos imprevistos. Outro problema é em relação à cobrança de tarifa pela prestação dos serviços do consórcio intermunicipais de saneamento, já que muitas vezes os municípios apresentam rendas desiguais elevando a complexidade da formulação de uma cobrança mais justa.

4.4. Considerações

As relações entre o poder público e a sociedade civil na gestão intermunicipal de saneamento devem ser geridas de maneira que a união entre os agentes seja essencial para o sucesso de efetivação, implementação, manutenção e continuidade dos planos de saneamento. Salienta-se o desafio que envolve a representatividade social dentro da elaboração dos planos intermunicipais de saneamento se torna um fator crítico. Caso a representatividade não seja adequada em termos de abrangência social, das localizações e a relação quanto a escala que envolve a intermunicipalidade da área geográfica afetada, os planos intermunicipais de saneamento não serão sustentáveis.

Desta forma podemos observar o potencial dos consórcios intermunicipais, sendo uma forma de incrementar a renda de famílias

carentes e de melhorar a eficiência dos serviços públicos. A legislação existente foi um grande passo para iniciar a disseminação dos modelos e dos processos de formação dos consórcios, contudo é evidente a necessidade de aperfeiçoamentos contínuo quanto à forma de fornecimento dos mecanismos de incentivos necessários para a criação e sustentabilidade dos consórcios. Apesar dos aspectos positivos oriundos desse tipo de gestão, nem sempre existem estímulos estruturadores para a formação e a manutenção dessas parcerias, ficando muitas vezes refém dos agentes públicos mais ricos que integram os planos.

REFERÊNCIAS

_____. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) 2015**. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv98887.pdf>. Acesso em: 20 maio 2021.

_____. **Poliarquia: Participação e Oposição**. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, 1997.

ABU-EL-HAJ, J. Robert Dahl (1915-2014): poder político, liberalização e contestação nas democracias. **Revista Brasileira de Ciência Política**, [S. l.], n. 13, p. 7–17, 2014. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rbcp/article/view/2130>. Acesso em: 26 maio. 2021.

BRASIL. **Constituição de 1988**. Constituição da República Federativa do Brasil. Diário Oficial da União, Brasília, Distrito Federal, 1988.

BRASIL. **Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, Distrito Federal, 2001.

BRASIL. **Lei Federal nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Diário Oficial da União, Brasília, Distrito Federal, 2007.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, Distrito Federal, 2010.

BRASIL. **Lei Federal nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição

Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. Diário Oficial da União, Brasília, Distrito Federal, 2020.

BRASIL. **Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, Distrito Federal, 1981.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX da art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União, Brasília, Distrito Federal, 1997.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998.** Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, Distrito Federal, 1998.

BRASIL. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001.** Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União.

BRASIL. **Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005.** Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. Promulgada em 06 de abril de 2005. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11107.htm. Acesso em: 05 mai. 2021.

BRASIL. **Resolução do Senado Federal nº 15, de 04 de julho de 2018.** Altera a Resolução do Senado Federal nº 43, de 2001, para possibilitar aos consórcios públicos o recebimento de recursos decorrentes de operações de crédito. Brasília: Diário Oficial da União.

BRASIL. **Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto – 2019.** SNIS, Brasília, Distrito Federal, 2019a.

BRASIL. **Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2019.** SNIS, Brasília, Distrito Federal, 2019b.

BRASIL. **Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. Diagnóstico de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas – 2019.** SNIS, Brasília, Distrito Federal, 2019c.

BRASIL. **Tribunal Superior Eleitoral. Partidos políticos registrados no TSE.**

Disponível em: <https://www.tse.jus.br/partidos/partidos-politicos>. Acesso em: 20 maio. 2021, 17:30:20.

BRASIL. Estatuto da Cidade: guia para implementação pelos municípios e cidadãos. 2 ed. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2002.

CMN. Planos Diretores para Municípios de pequeno porte: limites e perspectivas para a aplicação dos instrumentos do Estatuto da Cidade. 2015. Disponível em: [https://www.cnm.org.br/cms/biblioteca_antiga/Planos%20Diretores%20para%20Munic%C3%Adpios%20de%20pequeno%20porte%20\(2015\).pdf](https://www.cnm.org.br/cms/biblioteca_antiga/Planos%20Diretores%20para%20Munic%C3%Adpios%20de%20pequeno%20porte%20(2015).pdf). Acesso em: 20.05.2021.

CNM. Confederação Nacional dos Municípios. 10 anos da PNRS: consórcios intermunicipais podem viabilizar gestão de resíduos sólidos. Disponível em: <https://www.cnm.org.br/comunicacao/noticias/10-anos-da-pnrs-consorcios-intermunicipais-podem-viabilizar-gestao-de-residuos-solidos>. Acesso em: 26.05.2021.

CRUZ, M. C. M. T.; ARAÚJO, F. F.; BATISTA, S. Consórcios numa perspectiva histórico institucional. Cadernos Adenauer, Brasília, v. 12, n. 4, p. 111-124. 2012.

DA ROZA, Marcelo Ximenes Teles; ARAÚJO, Jamile Amorim. MODELOS ASSOCIATIVISTAS DE GESTÃO DE SANEAMENTO RURAL. Revista de Economia Regional, Urbana e do Trabalho, v. 9, n. 1, p. 125-149, 2020.

DAHL, Robert. Um Prefácio à Teoria Democrática. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1989

FIRJAN. Índice FIRJAN de Gestão Fiscal – 2019. Sistema FIRJAN – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Brasileiro de 2010.

IBGE. Perfil de Informações Básicas Municipais. Perfil dos Municípios Brasileiros 2015. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. 61p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv95942.pdf>. Acesso em: 01 mai. 2021.

IPEA. Diagnóstico dos Instrumentos Econômicos e Sistemas de Informação para Gestão de Resíduos Sólidos. Relatório de pesquisa. Brasília, 2012. 46p.

MATIAS-PEREIRA, J. Curso de Administração Pública: foco nas instituições e ações governamentais. 5. ed. São Paulo: GEN-Atlas, 2018.

MELO, Álisson José Maia. Gestão associada para regulação do saneamento básico. In: PHILIPP JR, Arlindo; GALVÃO JR, Alceu de Castro. (Org.) Gestão do saneamento básico: abastecimento de água e esgotamento sanitário. Barueri: Manole, 2012

SABOYA, Renato. Concepção de um sistema de suporte à elaboração de planos

diretores participativos. 2007. Tese de Doutorado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina.

SANTIAGO, Cristine; PUGLIESI, Erica & COSTA GONÇALVES, Juliano & MAROTTI, Ana. **CONSÓRCIOS INTERMUNICIPAIS PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: ESTUDO DE CASO EM MUNICÍPIOS DO ESTADO DE SÃO PAULO.** São Paulo, 2018.

SILVA, Eduardo Marques da. A independência das agências reguladoras no Brasil e o projeto de lei n.º 3.337/2004. **Prêmio SEAE**, v. 2, 2006.

TCU – Tribunal de Contas da União. **Governança pública: referencial básico de governança aplicável a órgãos e entidades da administração pública e ações indutoras de melhoria.** Brasília: TCU, Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão, 2021.

VENTURA, K.S.; KUSSABA, C. **Estudo da formação de consórcios públicos em saneamento.** Anais ... In: 19ª Exposição de Experiências Municipais em Saneamento. Poços de Caldas, MG: ASSEMAE, Brasília, 2015.

VILLAÇA, Flávio. **Dilemas do Plano Diretor.** In: **CEPAM. O município no século XXI: cenários e perspectivas.** São Paulo: Fundação Prefeito Faria Lima – Cepam, 1999. p. 237 – 247.

INTERMUNICIPAL BASIC SANITATION MANAGEMENT

ABSTRACT – In this chapter, we present the inter-municipal management of basic sanitation as a tool to help county/municipal administrator in policy making, as well as the main obstacles in the implementation of this tool. It is concluded that intermunicipality as an auxiliary tool in municipal management is a solution that adapts small municipalities to the established norms without compromising their budgets.

KEYWORDS: Shared management; Public policies; Civil society; Government.

A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS COMO FERRAMENTA DO PLANEJAMENTO MUNICIPAL

Ana Carla Fernandes Gasques

lattes.cnpq.br/0038524426814506

Universidade de São Paulo, São
Carlos, São Paulo

Luana Karoline Pereira

lattes.cnpq.br/0045262505257409

Universidade Estadual de Maringá,
Maringá, Paraná

**Elisabet Gabrieli Fernandes
Gasques**

lattes.cnpq.br/0107860655526940

Faculdade Dom Bosco de Maringá,
Maringá, Paraná

RESUMO - As cidades são lugares essenciais para o desenvolvimento humano e estima-se que em 2050 a população urbana ultrapasse 9 bilhões de habitantes. As alterações no estilo de vida da sociedade aliado ao crescimento populacional vêm resultando em um aumento na geração dos resíduos sólidos. Em função disso, a gestão destes é um dos maiores desafios enfrentados pelos gestores municipais, o que implica no gerenciamento desde o momento da coleta até a sua disposição final, a qual deve ser

ambientalmente correta. Neste contexto, em 2010 foi instituída no Brasil a Política Nacional de Resíduos Sólidos que aborda a temática a partir de uma visão sistêmica e que tem como um de seus instrumentos a Educação Ambiental, que é de fundamental importância para que os objetivos e princípios da Política possam ser atingidos, por meio da participação de todos os agentes envolvidos. Desta forma, os resíduos sólidos gerados nos municípios devem ser adequadamente tratados ou destinados de forma correta, minimizando os impactos ambientais decorrentes da prática da disposição inadequada, bem como a melhoria da saúde pública e qualidade de vida da população. Assim, neste capítulo será abordada uma visão crítica da contextualização dos resíduos sólidos, da gestão dos resíduos sólidos urbanos e da educação ambiental como ferramentas de suma importância do planejamento urbano.

PALAVRAS-CHAVE: Engenharia Urbana e resíduos sólidos, gestão ambiental, cidades sustentáveis.

1. INTRODUÇÃO

Estima-se que a população

mundial aumente em 2 bilhões de pessoas nos próximos 30 anos, ou seja, dos 7,7 bilhões atualmente, passe para 9,7 bilhões em 2050 e pode, ainda, chegar a quase 11 bilhões por volta de 2100. Além disso, 55% da população mora nas cidades e estima-se que este valor aumente para 68% em 2050 (UNITED NATIONS, 2021). Essa grande população concentrada nos centros urbanos, somada à variabilidade e diversificação na composição dos resíduos, tem efeito complexo e sistêmico na sustentabilidade, uma vez que abrange aspectos sociais, ambientais, de governança e gestão, além de apresentar grande variabilidade de local para local.

Independentemente do valor de geração *per capita* de resíduos, uma população maior representa, em consequência, maior produção de resíduos sólidos (RS) e, como resultado, custos mais elevados com as operações envolvidas no seu gerenciamento. Sob o viés da sustentabilidade urbana, um dos maiores desafios enfrentados pelos gestores municipais diz respeito aos resíduos sólidos urbanos (RSU) e o provimento das condições de infraestrutura demandadas para que o gerenciamento seja alcançado de forma ambientalmente apropriada. Estudos envolvendo a relação entre a gestão correta de resíduos, saúde e meio ambiente identificaram uma série de impactos ambientais associados às atividades de gestão de resíduos (CERQUETI et al., 2021; KANHAI et al., 2021; PÉREZ et al., 2021; HOSS et al., 2019; CETRULO et al., 2018; JACOBI; BEZEN, 2011; TURAN et al., 2009).

Os RSU gerados quando não coletados são dispostos de maneira ambientalmente inadequada nas ruas e terrenos vazios, gerando impactos ambientais tal como assoreamento de rios e córregos, entupimento de bueiros com consequente aumento de inundações nas épocas de chuva, destruição de áreas verdes, mau cheiro, proliferação de moscas, baratas, ratos e outros vetores (JACOBI; BEZEN, 2011).

Kanhai et al. (2021) apontam que a gestão inadequada de resíduos pode levar à contaminação do solo e da água, espalhando agentes microbianos, cólera, malária e outras doenças transmitidas por vetores. Pérez et al. (2021) citam que os resíduos sólidos ainda são mal administrados em países emergentes e em desenvolvimento, acarretando em aumento de diferentes tipos de impactos ambientais, como gases de efeito estufa (GEE) ou emissões poluentes do ar além de desencadear o risco de desastres, que tende a afetar os habitantes pobres de áreas regionais de forma desproporcional. Outros efeitos ambientais incluem a poluição das águas superficiais e subterrâneas, odores desagradáveis, infestações de pragas e explosões de gás (TURAN et al., 2009; CERQUETI et al., 2021).

Os problemas vivenciados pelos municípios abrangem, ainda, a baixa cobertura e serviços inadequados de coleta, despejo aberto e queima sem controle resultando em poluição do ar e da água, assim como, também, o manuseio de lixo informal (CETRULO et al., 2018; HOSS et al., 2019).

De acordo com a Associação Brasileira das Empresas de Limpeza

Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe, 2020), 79 milhões de toneladas de RSU foram geradas em 2019, das quais, aproximadamente 92% foram coletadas, enquanto os 8% restantes não foram coletadas, tendo sua destinação feita de forma ambientalmente inadequada.

Para que problemas de ordem ambiental e saúde pública, em consequência do descarte irregular de RS, sejam minimizados, estes devem ser gerenciados de forma adequada, principalmente no tocante do tratamento e destinação final desses materiais. Sendo assim, em 2010, foi publicada a Lei Federal 12.305, que é a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a qual institui princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes, relacionadas a RS, buscando a minimização da problemática ambiental existente no país decorrente de ações irregulares nesta temática, bem como norteia como deve ser procedido a gestão e o gerenciamento dos RS no Brasil (BRASIL, 2010).

Nesse sentido, a Educação Ambiental se torna uma ferramenta essencial no processo de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. É com ela que será possível a sensibilização e conscientização de toda a população em diferentes níveis. Por ser uma área interdisciplinar, consegue envolver aspectos socioculturais, políticos, científicos, tecnológicos, éticos e ecológicos da sociedade. Assim, frente ao apresentado, torna-se cada vez mais evidente que a adoção de padrões de produção e consumo sustentáveis e o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos podem reduzir significativamente os impactos ao ambiente e à saúde.

2. DEFINIÇÃO, CONCEITOS E CONTEXTUALIZAÇÃO

Com a economia em expansão e o aumento da população, o acúmulo de resíduos tem se tornado um assunto cada vez mais árduo e tem despertado a atenção de todos os setores da sociedade. Comumente chamados de “lixo”, os resíduos sólidos possuem variadas denominações e naturezas, bem como origens diferenciadas e diversas composições; “lixo” não é a maneira adequada de se tratar os RS, tendo em vista que, por definição, lixo é qualquer material sem valor ou utilidade, ou detrito oriundo de trabalhos domésticos, industriais etc. que se joga fora (LIXO, 2021).

De acordo com a Lei nº. 12.305, de 02 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010, p. 3), que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em seu artigo 3º, inciso XVI, define-se resíduos sólidos como:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente

inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) classifica resíduos sólidos por meio da NBR 10.004 (2004, p.1), a qual especifica que os RS:

São definidos como resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

No que tange a classificação, esta envolve a “identificação do processo ou atividade que lhes deu origem e de seus constituintes e características e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido” (ABNT, 2004, p. 2). Nesse contexto, a ABNT NBR 10.004/2004 classifica os resíduos por seus riscos potenciais à saúde pública ou ao ambiente, em: a) resíduos classe I - Perigosos; b) resíduos classe II – Não perigosos; – resíduos classe II A – Não inertes e resíduos classe II B – Inertes.

Quanto a periculosidade, sob a perspectiva da PNRS tem-se que os resíduos perigosos são aqueles que apresentam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade ou mutagenicidade (BRASIL, 2010). A PNRS, ainda, em seu Art. 13 classifica os RS quanto à origem conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1: Classificação dos RS quanto à origem segundo a Política Nacional de RS.

Classificação	Definição
Domiciliares	Originários de atividades domésticas em residências urbanas
De limpeza urbana	Originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana
Resíduos sólidos urbanos	Os englobados nos itens “a” e “b”

Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços	Gerados nessas atividades, excetuados os referidos nos itens “b” e “e”, bem como os resíduos de serviços de saúde, resíduos da construção civil e resíduos de serviços de transportes
Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico	Gerados nessas atividades, excetuados os referidos no item “c”.

Fonte: Adaptado de Brasil (2010).

Segundo Bundhoo (2018), países com maior população e maior renda geram maiores quantidades de RS e sua gestão em todo o mundo é vista como um grande desafio especialmente para os municípios, tendo em vista que o gerenciamento dos RS representa uma porção significativa do orçamento municipal. Ainda segundo o autor, em países desenvolvidos, a gestão de RSU é eficiente, mesmo quando a taxa média de geração nos vários países industrializados está na faixa de 0,8 a 1,4 kg/pessoa/dia. A taxa média de geração de RSU nos países em desenvolvimento é de 0,3 a 0,5 kg/pessoa/dia, entretanto a gestão é inadequada e imprópria.

No Brasil, conforme visto na introdução deste capítulo, dados da Abrelpe indicam que foram geradas 79 toneladas de RSU em 2019. Foi observado um aumento considerável na geração entre os anos de 2010 e 2019: a geração per capita passou de 348 kg/ano em 2010 para 379 kg/ano em 2019, totalizando aproximadamente 123 toneladas a mais de resíduos gerados.

Nesse contexto, os problemas vivenciados pelos municípios com relação ao gerenciamento de RSU abrangem a baixa cobertura e serviços inadequados de coleta, despejo aberto e queima sem controle da poluição do ar e da água, assim como, também, o manuseio de lixo informal (CETRULO et al., 2018). Em função dos impactos e da complexidade envolvida, atualmente a gestão de resíduos sólidos urbanos segue caminhos diferentes em países desenvolvidos e em desenvolvimento.

No primeiro caso, o modelo de gestão de RSU está focado na hierarquia da gestão de resíduos, que consiste na prevenção, reutilização, preparação para reutilização, recuperação e descarte. Por outro lado, para os países em desenvolvimento, o modelo de gestão é geralmente insuficiente, com uma cobertura de coleta de lixo incompleta, baixa separação na fonte e taxas de valorização desses resíduos, que acabam sendo misturados e enviados para aterros ou lixões (COLVERO et al., 2020).

Fica evidente, assim, que gestores públicos enfrentam dificuldades, pois os custos relacionados ao gerenciamento dos resíduos são superiores às receitas; dessa forma, é urgente que os municípios tenham claramente definidos seus planos de gestão integrada de resíduos sólidos a fim de minimizar e superar os desafios enfrentados na gestão das elevadas taxas

de resíduos sólidos gerados. Em função disso, as razões para estudar os processos que envolvem RSU, por exemplo, para fins de planejamento do desenvolvimento urbano e/ou melhorias no sistema de gestão, a quantidade e o tipo de RSU produzido e o comportamento tanto dos geradores quanto dos responsáveis pelo seu gerenciamento devem ser conhecidos.

3. A GESTÃO INTEGRADA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

As mudanças no estilo de vida da população, aliadas ao desenvolvimento econômico e urbano das cidades, vêm causando influência em todas as etapas do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, desde a geração até a destinação final adequada, bem como nos custos decorrentes deste gerenciamento. Nas últimas décadas, a gestão de RSU tornou-se uma das principais preocupações das sociedades. Portanto, um sistema eficiente de coleta, reciclagem e descarte de RSU deve ser projetado, mantido e melhorado continuamente (ZAEIMI; RASSAFI, 2021).

A partir das definições estabelecidas pela PNRS pode-se diferenciar gestão e gerenciamento. Em seu Artigo 3º, Item X, define-se gerenciamento de resíduos sólidos como conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, elaborado conforme as diretrizes da PNRS. Já a gestão integrada de resíduos sólidos, Item XI do Artigo 3º, é definida como conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável. Assim, as etapas de gerenciamento e gestão se complementam, estando interligadas por meio do planejamento (gestão) e das ações (gerenciamento), visando atingir os objetivos propostos pela PNRS, às vistas de minimização de impactos ambientais, melhoria da saúde pública e qualidade de vida da população.

O gerenciamento de RSU é responsabilidade do poder público municipal, conforme Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988). Embora seu principal objetivo esteja relacionado à garantia de condições adequadas de saúde pública e mitigação de impactos ambientais, mediante a coleta regular dos resíduos gerados e disposição controlada, a tomada de decisão na gestão de RSU é permeada, também, por aspectos econômicos, sociais, técnicos e políticos.

Para um adequado e eficiente gerenciamento dos RSU, primeiramente deve-se estabelecer as responsabilidades e atribuições a todos os envolvidos na cadeia do ciclo de vida dos resíduos sólidos, pois na PNRS, Lei Federal 12.305/2010, são estabelecidas as responsabilidades

específicas, em que cada gerador é responsável por gerenciar seus resíduos; exceto os RSU, que são de responsabilidade pública. Para que ocorra um correto planejamento para a gestão dos resíduos sólidos, a PNRS estabelece que sejam firmados acordos setoriais entre poder público e organizações privadas (comerciantes, fabricantes, importadores, dentre outros), por meio de ações de natureza contratual, visando a responsabilização pelo ciclo de vida do produto, ou seja, desde a obtenção de matéria prima até a destinação final dos resíduos gerados. E por fim, para que o planejamento das ações relacionadas aos RS seja eficiente, a PNRS estabelece que sejam elaborados os planos de gerenciamento de resíduos sólidos, sendo em esfera nacional, estadual, municipal e por geradores. Estes planos devem conter todas as etapas do gerenciamento de resíduos, desde sua geração, coleta interna, acondicionamento, armazenamento, transporte e destinação final, levando em consideração as características dos resíduos, o que define o seu correto manuseio.

As etapas do gerenciamento de RS, pós-geração, seguem descritas no Quadro 2.

Quadro 2 - Etapas do Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos

Etapas do Gerenciamento de RSU	Descrição
Coleta	Após a geração dos RSU, em âmbito municipal, a administração pública realiza a coleta porta a porta, em horários definidos de acordo com a realidade de cada município.
Segregação	A segregação dos RSU, ocorre em centros de triagem, onde são separados os materiais de acordo com as tipologias e posteriormente encaminhados às destinações ambientalmente adequadas.
Transporte	A etapa do transporte, consiste na fase de coleta porta-a-porta, até os centros de triagem, tratamentos, transbordo ou destino final.
Transbordo	Uma área de transbordo, é o local onde os RSU coletados, ficam armazenados temporariamente, por um curto período de tempo, devido às características do material, e posteriormente são encaminhados para tratamento ou destino final.

Tratamento ou Destinação Final	Quando se fala em tratamento de RS, pode-se compreender diversas formas empregadas, podendo ser desde a reciclagem, compostagem, aproveitamento energético, ou outras formas, isso vai depender da característica do material a ser tratado. Já a destinação final, deve-se ocorrer de maneira ambientalmente adequada, no Brasil, a maneira mais utilizada para destino final de RSU, são os aterros sanitários.
--------------------------------	---

Fonte: Elaborado pelos autores.

Conforme já mencionado, o gerenciamento de RS deve ocorrer em responsabilidade compartilhada, ou seja, responsabilizando cada gerador (público ou privado) para tratar adequadamente ou fazer a destinação final ambientalmente correta. Ao poder público municipal compete a elaboração e implementação de um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), que contenha um conjunto de diretrizes norteadoras, incluindo todos os aspectos necessários ao correto gerenciamento dos resíduos sólidos, inclusive as responsabilizações necessárias a cada gerador (DEL BEL, 2012). O planejamento dos serviços públicos, que pode ser feito por meio do PMGIRS, objetiva fixar metas e definir os rumos da organização, considerando os diversos atores envolvidos e as particularidades que influenciam a escolha das estratégias. Além disso, deve-se considerar contextos futuros e desenvolver procedimentos e operações necessárias ao atingimento dos objetivos (OLIVEIRA; GALVÃO JUNIOR, 2016).

No que tange à responsabilidade compartilhada, definida na PNRS, Alves et. al. (2021) mencionam que este princípio é determinado por lei, para grandes geradores, a fim de que estes promovam destinação correta dos resíduos oriundos dos sistemas de produção, garantindo assim a adequação às determinações legais. Além disso, segundo Lemos e Silva (2019), a responsabilidade compartilhada no gerenciamento de RS modifica o pensamento de que é necessário apenas pensar em produção e entrega ao consumidor durante um processo produtivo. Após a implantação da PNRS, os fabricantes, importadores, fornecedores e comerciantes passaram a ser responsáveis pelo produto e seus resíduos pós consumo. Segundo Souza-Lima e Zamboni (2017), a lei determina uma cadeia de responsabilidade que envolve todos os que entram no ciclo de vida do produto, desde o seu desenvolvimento, obtenção de matéria prima e insumos, processo produtivo até o consumo e a disposição final. No entanto, essa cadeia não retira a individualização de cada ação ou omissão praticada (ou não) pela pessoa física ou jurídica, de direito privado ou público. Logo, a responsabilidade compartilhada envolve desde o fabricante até o consumidor final.

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE (2021), no Brasil, estima-se que 170 kg de matéria orgânica é descartada por pessoa a cada ano; essa informação é obtida a partir de estudos e análises da composição gravimétrica dos materiais coletados e esse dado é importante para que o poder público e demais responsáveis da cadeia privada possam planejar as ações de gestão e gerenciamento de RS. Além dos dados da estimativa do descarte de resíduos orgânicos, tem-se as estimativas de outros materiais, como o plástico, que em 2020 foi de aproximadamente 13,35 milhões de toneladas. E, com base em estudos de estimativas realizados ao longo do tempo e pensando em ações futuras, observa-se uma curva de crescimento da geração de RS, que têm registrado aumento tanto nas quantidades totais, quanto nos valores per capita. Com o retrospecto histórico, que mostra as mudanças no padrão de consumo, bem como na geração de resíduos, estima-se que em 30 anos, ou seja, até o ano de 2050, o quantitativo atual seja aumentado em até 50%. Assim, cabe aos gestores públicos e privados traçarem estratégias para que esse aumento significativo não cause danos ambientais por disposição inadequada. E, por fim, compete ao poder público a implementação de políticas públicas eficientes e sugere-se a cobrança adequada de taxas para os serviços de gerenciamento de RS, visto que em muitos municípios a cobrança de taxa inexistente ou é insuficiente para subsidiar os custos desses processos.

4. EDUCAÇÃO AMBIENTAL E RESÍDUOS SÓLIDOS

A Educação Ambiental (EA) é um instrumento de ensino, de transmissão e de sensibilização de informações sobre as questões ambientais. Mundialmente, a educação ambiental aconteceu em paralelo ao avanço da preocupação ambiental a partir do século XX (REIS; CAMARGO, 2018). No Brasil, a educação ambiental ganhou destaque com a aprovação da Política Nacional do Meio Ambiente implementada pela Lei 6.938/1981 e pela Política Nacional de Educação Ambiental Lei nº 9.795/1999.

A Política Nacional do Meio Ambiente propôs que todos os níveis de ensino devem ter acesso à educação ambiental, incluindo a educação da comunidade, com o objetivo de capacitar as pessoas para a participação ativa na defesa do meio ambiente (BRASIL, 1981). Na sequência, a Constituição Federal de 1988 instituiu que o Poder Público deveria promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino. Dessa forma, iniciou-se o processo de conscientização pública sobre sua relevância para tutela do ambiente, pois somente assim seria possível formar cidadãos conscientes (FERREIRA, 2012).

A Lei nº 9.795/1999 que instituiu a Política Nacional de Educação Ambiental define a educação ambiental como sendo:

Os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade.

A EA passou por mudanças ao longo de sua história, demonstrando cada vez mais a sua importância na sociedade, relacionando-se não somente ao ambiente, mas também ao contexto social, político e cultural. Segundo Reis e Camargo (2018) a educação ambiental está relacionada à transmissão de informação para pessoas de diferentes níveis sociais e faixas etárias. Ainda, o objetivo principal da educação ambiental é alimentar o comprometimento de todos quanto à preservação e conservação do meio ambiente.

Dessa forma, a EA apresenta caráter interdisciplinar e para ser realizada de maneira eficaz é necessário identificar as percepções das pessoas envolvidas no ambiente. Além disso, leva em consideração aspectos socioculturais, políticos, científico-tecnológicos, éticos e ecológicos (MAIA; BARBOSA; ALENCAR, 2014; SUAVÉ, 2003).

Existem dois conceitos pertinentes sobre a sua aplicação. O primeiro conceito é sobre educação ambiental formal. Este consiste nas ações desenvolvidas nas instituições de ensino de caráter educacional do básico ao superior. O segundo consiste na educação ambiental não formal e são voltadas para as atividades voltadas à coletividade com ações para toda a sociedade (REIS; CAMARGO, 2018).

Os princípios básicos da educação ambiental são introduzidos pela Lei nº 9.985/1999 e consistem em:

- I – O enfoque humanista, holístico, democrático e participativo.
- II – A concepção do meio ambiente em sua totalidade, considerando a interdependência entre o meio natural, o socioeconômico e o cultural, sob o enfoque da sustentabilidade.
- III – o pluralismo de ideias e concepções pedagógicas, na perspectiva da Inter, multe e transdisciplinaridade;
- IV – A vinculação entre a ética, a educação, o trabalho e as práticas sociais;
- V – A garantia de continuidade e permanência do processo educativo;
- VI – A permanente avaliação crítica do processo educativo;
- VII – a abordagem articulada das questões ambientais locais, regionais, nacionais e globais;

VIII – o reconhecimento e o respeito à pluralidade e à diversidade individual e cultural.

Dessa forma, a educação ambiental se torna fundamental na gestão dos resíduos sólidos. É necessário abordar e estruturar abordagens que leve em consideração não somente o ambiente escolar, mas toda a população e comunidade diretamente envolvida com os projetos pertinentes da PNRS, tais como responsabilidade compartilhada, logística reversa, planos de gestão de resíduos, entre outros. Com isso, serão evitadas ações equivocadas de que somente reciclar materiais resolve o problema de excesso de lixo (BARCIOTT; SACCARO JUNIOR, 2012).

A EA se torna uma estratégia valiosa para promover a conscientização e orientação da população acerca dos RSU. Um dos problemas intrínsecos do processo de gerenciamento de resíduos sólidos é a sensibilização das fontes geradoras. A EA se torna um instrumento para alterar essa realidade e mudar atitudes de forma qualitativa e continuada, por meio de análises críticas, conscientizadas e contextualizadas (TAVARES; MARTINS, GUIMARÃES, 2005).

Quando aplicado à gestão ambiental de resíduos sólidos, o programa de EA deve apresentar uma base crítica que vise a redução do consumo e a requalificação dos resíduos para um reaproveitamento ou reutilização de forma que aconteça a valoração de qualidade. Um programa de EA crítico assume que o consumismo desenfreado é um problema cultural e somente com programas de EA é possível diminuir a sobrecarga nos ecossistemas (PENELUC, SILVA; 2008).

Para auxiliar no processo educativo, surgiram os pilares da sustentabilidade na Assembleia das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Rio 92), com o objetivo de incentivar as mudanças em ações cotidianas da população. Por muito tempo, conhecia-se apenas os 3Rs sendo eles: reduzir, reusar e reciclar, mas ao longo do tempo outros conceitos foram somados.

Alkmim (2015, p. 34) destaca que os 3R's auxiliam na gestão sustentável de resíduos sólidos com "redução (do uso de matérias primas, energia e desperdício nas fontes geradoras), reutilização direta de produtos e reciclagem de materiais". Assim, as práticas visam reduzir de maneira quantitativa a geração de resíduos e a transformação destes em novos produtos. Além da sensibilização e conscientização de toda a população.

A passagem da política dos 3R's para os 5R's favoreceu a EA, com o objetivo de ampliar a formação da consciência não só individual, mas também coletiva. A inclusão do repensar e do recusar vem como uma evolução da política. Agora, além de reduzir e transformar os materiais, tem-se o processo de repensar os valores e práticas de consumo e recusar o consumo de produtos que geram impactos socioambientais negativos (ALKMIN, 2015; SILVA, et al., 2017).

Quando aplicadas, as políticas dos 5R's da sustentabilidade podem trazer diversas vantagens para o planeta e para todas as pessoas no presente e futuro. De acordo com Silva et al. (2017), dentre as vantagens do uso dos 5R's tem-se que a reciclagem gera renda de maneira formal ou informal; minimização dos impactos gerados pelos resíduos sólidos; redução da exploração de recursos naturais, do consumo de energia e da poluição do solo, da água e do ar; aumento da vida útil dos aterros sanitários e dos produtos e consequentemente redução dos custos tanto para o consumidor como para a indústria.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo vimos como a problemática dos resíduos sólidos vem interferindo na gestão municipal em função do aumento da quantidade gerada, sua complexidade e, ainda, os impactos ambientais resultantes da disposição inadequada destes. O gerenciamento dos resíduos atua, então, como uma ferramenta de suma importância para o planejamento urbano, envolvendo diferentes etapas desde a geração até o tratamento ou destino.

Em 2010 foi instituída a PNRS que determina que os municípios elaborem os planos municipais de gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos, documento que é uma ferramenta norteadora aos gestores ambientais municipais, na tomada de decisões e realização de ações ao correto posicionamento em relação a esta problemática. Estes planos servem para auxiliar no planejamento das ações a serem executadas, no setor público e privado, pois devem conter diretrizes básicas na orientação para que as etapas do gerenciamento de RS ocorram de forma adequada. Embora haja a obrigatoriedade de elaboração desses planos, muitos municípios do Brasil ainda não o elaboraram, ou ainda estes não abordam o conteúdo mínimo exigido em lei, o que pode dificultar para os gestores o planejamento das estratégias para a resolução de problemas ou tomada de decisões relacionadas aos RS. Além disso, a ausência desses planos impossibilita ao município o acesso a recursos federais ou estaduais, o que pode gerar outras dificuldades na execução das ações das etapas do gerenciamento.

Outro ponto importante na PNRS é que esta institui o controle social e um de seus instrumentos é a EA, que busca auxiliar os agentes envolvidos em todas as etapas do ciclo de vida dos produtos, visando a não geração, a redução, a reutilização e a reciclagem de resíduos sólidos. Dessa forma, a problemática relacionada a RS pode ser minimizada nos setores públicos e privados, alcançando os objetivos da PNRS, melhorando a qualidade ambiental em escala local, regional ou global. Em um contexto geral, ao mitigar os problemas relacionados aos RS, a necessidade de grandes áreas para disposição final passa a ser menores; desse modo, benefícios ambientais e melhoria na saúde pública da população são alcançados, promovendo sustentabilidade e qualidade de vida.

REFERÊNCIAS

ALKMIM, E.B. **Conscientização Ambiental E A Percepção Da Comunidade Sobre A Coleta Seletiva Na Cidade Universitária Da UFRJ**. 2015. 150 p. Dissertação (Mestrado de Engenharia Urbana) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2015. Disponível em: <http://www.dissertacoes.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli1443.pdf>.

ALVES, L. G. S.; NOLETO, A. R. A.; SILVA, E. A.; PINHEIRO, H. D. **Responsabilidade Compartilhada De Resíduos Sólidos: Reflexões Da Implementação No Município De Teresina-Pi**. Revista Gestão e Desenvolvimento, v. 18, n. 2, p. 03-25, mai./ago. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020**. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama-2020/>. Acesso em: 18 set. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10.004: Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro: 2004. 71 p. Disponível em: <https://analiticaqm Cresíduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>. Acesso em 18 set. 2021.

BARCIOTT, M.L.; SACCARO JUNIOR, N.L. **A importância da educação ambiental na gestão dos resíduos sólidos**. 2012. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=2832:catid=28&Itemid=23. Acesso em: 19 set. 2021.

BRASIL. **Lei nº. 12.305**, de 02 de agosto de 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/12305.htm. Acesso em 18 set. 2021.

_____. **Política Nacional de Educação Ambiental, Lei 9795**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 27 abr. 1999. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9795.htm. Acesso em 20 jun. 2021.

_____. **Política Nacional do Meio Ambiente, Lei 6.938**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 31 ago. 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm. Acesso em 20 jun. 2021.

BUNDHOO, Z.M.A. (2018). **Solid waste management in least developed countries: current status and challenges faced**. Journal Of Material Cycles And Waste Management, [S.L.], v. 20, n. 3, p. 1867-1877.

CERQUETI, R.; CINELLI, M.; MINERVINI, L.F. (2021). **Municipal waste management: a complex network approach with an application to Italy**. Waste Management, [S.L.], v. 126, p. 597-607.

CETRULO, N.M.; CETRULO, T.B.; DIAS, S.L.F.G.; RAMOS, T.B. (2020). **Solid waste indicators in local sustainability assessment: a literature review**. Ambiente & Sociedade, São Paulo, v. 23, p. 1-31, 2020.

CETRULO, T.B.; MARQUES, R.C.; CETRULO, N.M.; PINTO, F.S.; MOREIRA, R.M.; MENDIZÁBAL-CORTÉS, A.D.; MALHEIROS, T.D. (2018). **Effectiveness of solid waste policies in developing countries: a case study in Brazil**. Journal of Cleaner Production, [S.L.], v. 205, p. 179-187.

COLVERO, D.A.; RAMALHO, J.; GOMES, A.P.D.; MATOS, M.A.A.; TARELHO, L.A.C. (2020). **Economic analysis of a shared municipal solid waste management facility in a metropolitan region**. Waste Management, [S.L.], v. 102, p. 823-837.

FERREIRA, H.S. In: CANOTILHO, J.J.G; LEITE, J.R.M. (Orgs.). **Direito Constitucional Ambiental Brasileiro**. 5º ed. São Paulo: Saraiva, 2012.

DEL BEL, D. Disposição Final de Rejeitos. In: JARDIM, Arnaldo; et.al. **Política nacional de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos**. Barueri/SP: Manole, 2012.

HOSS, L.; SANTOS, N.R.; DEMARCO, C.F.; DALL'AGNOL, A.L.B.; LOEBENS, L.; QUADRO, M.S.; ANDREAZZA, R.; CORREA, E.K. (2019). **Urban solid waste in the southern of Rio Grande do Sul state**. Ciência e Natura, [S.L.], v. 41, p. 52.

JACOBI, P.R.; BESEN, G.R. (2011). **Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade**. Estudos Avançados, [S.L.], v. 25, n. 71, p. 135-158.

KANHAI, G.; FOBIL, J.N.; NARTEY, B.A.; SPADARO, J.V.; MUDU, P. (2021). Urban Municipal Solid Waste management: modeling air pollution scenarios and health impacts in the case of Accra, Ghana. **Waste Management**, [S.L.], v. 123, p. 15-22.

LEMOES, P. F. I.; SILVA, A. C. C. F. A. **Responsabilidade compartilhada: o papel dos gestores de risco e os limites da responsabilidade preventiva**. Cadernos Jurídicos, São Paulo, ano 20, nº 48, p. 73-85, março-abril/2019

LIXO. In: DICIO, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2020. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/lixo/>>. Acesso em: 22 set. 2021.

MAIA, Herika Juliana Linhares; BARBOSA, Erivaldo Moreira; ALENCAR, Layana Dantas de. EDUCAÇÃO AMBIENTAL: contribuições para aplicação da política nacional de resíduos sólidos. In: ENGEMA 2014 1, 16., 2014, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Feausp, 2014. p. 1-14.

OLIVEIRA, T.B; GALVÃO JUNIOR, A.C. Planejamento municipal na gestão dos resíduos sólidos urbanos e na organização da coleta seletiva. **Eng Sanit Ambient**, v.21, n.1, jan/mar 2016.

PENELUC, M.C.; SILVA, S.A.H. Educação ambiental aplicada à gestão de resíduos sólidos: análise física e das representações sociais. **Revista da Faced**, Salvador, p. 135-165, set. 2008.

PÉREZ, L.E.; ZIEGLER-RODRÍGUEZ, K.; PÉREZ, A.T.E.; VÁSQUEZ, O.C.; VÁZQUEZ-ROWE, I. (2021). **Closing the gap in the municipal solid waste management**

between metropolitan and regional cities from developing countries: a life cycle assessment approach. *Waste Management*, [S.L.], v. 124, p. 314-324.

REIS, A.C.; CAMARGO, R.S. **Gestão de recursos ambientais.** Porto Alegre: Sagah, 2018.

SILVA, S. da; FERREIRA, E.; ROESLER, C.; BORELLA, D.; GELATTI, E.; BOELTER, F.; MENDES, P. OS 5 R'S DA SUSTENTABILIDADE. In: SEMINÁRIO DE JOVENS PESQUISADORES EM ECONOMIA & DESENVOLVIMENTO, 5., 2017, Santa Maria. **Anais [...]**. Santa Maria: Ufsm, 2017. p. 1-16.

SUAVÉ, L. (Org.). **Perspectivas curriculares para la formación de formadores en educación ambiental.** In: Foro Nacional Sobre la Incorporación de la Perspectiva Ambiental en la Formación Técnica y Profesional, 1., 2003, San Luis Potosi. Memoria... San Luis Potosi: UASLP, 2003. p.120.

SOUZA-LIMA, J. E.; ZAMBON, P. C. O Papel Da Empresa Na Responsabilidade Compartilhada Pelo Ciclo De Vida Dos Produtos e Na Logística Reversa. **Administração de Empresas em Revista**, v. 1, n. 12, 2017.

TAVARES, M.G.O.; MARTINS, E.F.; GUIMARÃES, G.M.A. A Educação Ambiental, Estudo E Intervenção Do Meio. **Oei-Revista Iberoamericana de Educación**, [s. l], p. 1-11, jan. 2005.

TURAN, N.G.; ÇORUH, S.; AKDEMIR, A.; ERGUN, O.N. (2009). Municipal solid waste management strategies in Turkey. **Waste Management**, [S.L.], v. 29, n. 1, p. 465-469.

UNITED NATIONS. **Global Issues: Population.** Disponível em: <<https://www.un.org/global-issues/population>>. Acesso em 14 set. 2021.

ZAEIMI, M.B.; RASSAFI, A.A. Designing an integrated municipal solid waste management system using a fuzzy chance-constrained programming model considering economic and environmental aspects under uncertainty. **Waste Management**, [S.L.], v. 125, p. 268-279, 2021.

URBAN SOLID WASTE MANAGEMENT

ABSTRACT – Cities are essential places for human development, and it is estimated that by 2050 an urban population will exceed 9 billion inhabitants. Changes in society's lifestyle combined with population growth have created an increase in the generation of solid waste. As a result, their management is one of the biggest challenges faced by municipal managers, which implies management from the moment of collection until its final disposal, which must be environmentally correct. In this context, in 2010 the PNRS was instituted in Brazil, which addresses the issue of solid waste in public policies in the country from a systemic view and has Environmental Education as one of its instruments, which is of fundamental importance for objectives and principles of the PNRS achieved be achieved, the participation of employees of all managed agents. And, in this way, solid waste generated in Brazil, are treated or corrected correctly, thus minimizing the environmental impacts arising from the public practice of

irregular disposal, as well as improving the health and quality of life of the population. Thus, this chapter will address a critical view of the contextualization of solid waste and the management of urban solid waste and environmental education as extremely important tools of urban planning.

KEYWORDS: Urban planning; Solid waste; Environmental management.

O GEOPROCESSAMENTO NA GESTÃO URBANA

Cássia Maria Bonifácio

lattes.cnpq.br/5948572212061712

Universidade Federal de São Carlos
(UFSCar), Buri, São Paulo

Alex Simões Bosso

lattes.cnpq.br/4763494184977607

Universidade Estadual de Maringá
(UEM), Maringá, Paraná

RESUMO – As transformações dos ambientes naturais no processo de urbanização e construção das cidades modificam e alteram o ambiente natural. Cabe ao poder público a gestão e monitoramento das áreas urbanas o que envolve processos e planejamentos territoriais, muitas vezes abrangendo grandes áreas e com diversos conflitos. Nesse contexto, o geoprocessamento pode ser usado como uma importante ferramenta, pois é um conjunto de tecnologias, que relaciona o processamento de dados georreferenciados com várias fontes de dados e informações e, dessa maneira, traz uma vasta possibilidade de interações e aplicações. Nesse capítulo buscou-se apresentar os recursos e usabilidades que as ferramentas de geoprocessamento

possuem e podem ser utilizadas na gestão urbana. Além disso, o geoprocessamento possibilita um monitoramento contínuo e de baixo custo, colaborando para tomada de decisão na gestão urbana. Porém, para a melhor aplicabilidade, é necessário a formulação de critérios claros e que venham ao encontro do objetivo proposto. Assim, ressalta-se que a importância do treinamento do pesquisador, na utilização dessas tecnologias, é de real importância para a qualidade dos resultados, uma vez que há diversos métodos e formas de trabalhar com o geoprocessamento, necessitando um prévio conhecimento da área de estudo, para que tais informações e resultados representem de fato a realidade, e norteiem um uso sustentável do território.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas de Informação Geográfica (SIG); Planejamento urbano; Mapeamento do solo.

1. INTRODUÇÃO

A demanda pelo conhecimento e informações sobre os recursos naturais, biodiversidade e suas distribuição geográfica sempre foi um segmento essencial para o

desenvolvimento das atividades das sociedades organizadas. Contudo, conforme Câmara e Davis (2004) a obtenção de tais informações se fazia de forma majoritária por documentos e mapas em papel, que dispendiam de muito tempo para obtenção de resultados e troca de informações, além de dificultar uma análise combinada entre mapas e dados, assim como entre variáveis e prognósticos.

Na segunda metade do século passado, com o desenvolvimento da tecnologia de informática, tornou-se possível armazenar e representar tais informações em ambiente computacional, abrindo espaço para o surgimento do geoprocessamento (RIBEIRO, 2008).

Com esse advento, foi possível realizar novas formas de trabalhos e representações, selecionando variáveis e dados de interesse, a fim de realizar uma análise espacial, tanto para mapeamentos temáticos comuns quanto para mapas sínteses, dando aporte às reflexões e propostas de zoneamento urbano e análise ambiental.

O desenvolvimento da análise espacial, a partir destes novos recursos, foram significativos, uma vez que facilitaram a representação e compreensão do território, pela integração de variáveis e componentes principais de determinado espaço geográfico, visando reproduzir a complexidade da realidade, podendo ser aplicado a diversas situações e cidades.

Neste sentido, Florenzano (2011) destaca que o geoprocessamento torna possível a combinação e decomposição de variáveis, em matrizes de desenvolvimento lógico, a fim de permitir a criação de vários modelos, para simular mudanças, prever e elaborar cenários, visando uma representação virtual do território e a fim de corroborar para auxílio do ambiente de forma sustentável.

Além disso, tal tecnologia inovadora possibilitou ainda a integração de dados de diferentes origens, que podem ser transformados em informações relevantes, que corroboram ao entendimento de fenômenos e à tomada de decisão, servindo para fins de gestão urbana.

2. HISTÓRICO

Os primeiros Sistemas de Informação Geográfica surgiram no final dos anos de 1950, por meio de um programa governamental do Canadá. Este programa visava a criação de um inventário dos usos e capacidades das terras, o “Inventário de Terras do Canadá”, a fim de realizar a conservação destas e dar apoio ao manejo dos recursos naturais, dando ênfase que a informatização da análise de mapas seria mais econômica e mais rápida do que a produção manual (GOODCHILD, 2018). Contudo havia pouco avanço, devido à disponibilização de hardwares e à operacionalização, uma vez que os computadores eram caros e a mão de obra altamente especializada e custosa, sendo tais sistemas difíceis de serem usados (CÂMARA; DAVIS, 2001).

Na década de 70, novos recursos de hardware foram desenvolvidos, tornando-os mais acessíveis para o desenvolvimento de sistemas comerciais. Neste sentido surgiu o chamado “Sistema de Informação Geográfica” (SIG), dando início ao surgimento da automatização de mapeamentos (COPPOCK; RHIND, 1991). Todavia tal tecnologia ficou restrita, na época, para as grandes organizações, uma vez que os hardwares ainda eram de alto custo.

Com os avanços da informática na década de 80, juntamente com a criação de centros de estudos sobre a temática, o SIG apresentou um período de crescimento, que perdura até os dias atuais. De acordo com Câmara e Davis (2001), foi nos Estados Unidos, com a criação do centro de pesquisa NCGIA (*National Centre for Geographical Information and Analysis*) que o geoprocessamento foi estabelecido como uma disciplina científica. A partir de então, com a diminuição dos custos dos hardwares, houve uma ampla difusão do uso de SIG.

3. O QUE É GEOPROCESSAMENTO?

O geoprocessamento consiste em um conjunto de tecnologias para coleta e tratamento de informações espaciais para um determinado propósito. Envolve quatro categorias de técnicas para o tratamento da informação espacial: 1. captura e preparação de dados, 2. gerenciamento de dados, incluindo armazenamento e manutenção, 3. manipulação e análise de dados, 4. apresentação de dados (ARANOFF, 1989).

Segundo Câmara e Davis (2004, p.1) o Geoprocessamento “denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional”.

Conforme os autores, o SIG é um conjunto de ferramentas computacionais utilizadas no Geoprocessamento – tornando capaz de relacionar diversos dados e informações, para análises complexas, além de possibilitar a automatização de mapas.

De acordo com Fitz (2008), o geoprocessamento é um conjunto de técnicas e metodologias que implicam na aquisição, arquivamento, processamento e representação de dados georreferenciados.

Nessa mesma perspectiva, Câmara, Souza, Freitas e Garrido (1996) definem o geoprocessamento como:

- i. “Conjunto de tecnologias voltadas a coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico. As atividades envolvendo o geoprocessamento são executadas por sistemas específicos mais comumente chamados de

Sistemas de Informação Geográfica (SIG)”;

ii. “Sistema de geoprocessamento é o destinado ao processamento de dados referenciados geograficamente (ou georreferenciados), desde a sua coleta até a geração de saídas na forma de mapas convencionais, relatórios, arquivos digitais, etc.; devendo prever recursos para sua estocagem, gerenciamento, manipulação e análise”.

As atividades de geoprocessamento envolvem várias fases que podem consistir em armazenamento, recuperação e manipulação de informações espaciais e sua combinação, análise espacial e geração de produção e visualização de informações já processadas, como geração de mapas e bases cartográficas (DIAS, *et al.*, 2011).

Goodchild (1990) destaca ainda que o geoprocessamento é definido como processamento informatizado de dados georreferenciados, que permite o uso de informações cartográficas e informações que podem ser associadas com coordenadas desses mapas, gráficos ou planos.

4. IMPORTÂNCIA E APLICAÇÕES NA GESTÃO URBANA SUSTENTÁVEL

A utilização do geoprocessamento cresceu desde os últimos 60 anos, e tem sido aplicada em diversas áreas de estudo, incluindo a área de gestão urbana. Por meio do geoprocessamento é possível a integração de dados de diferentes origens, processados por meio do SIG, com informações relevantes para o zoneamento urbano e organização das cidades.

Influência também em questões de conflitos de interesse e utilização sustentável de determinada área, uma vez que possibilita o mapeamento de características territoriais e informações sociais, assim como fornece subsídios para as análises multicritério.

Além disso, colabora para o planejamento urbano, pois fornece ferramentas para dar suporte à decisão, principalmente quanto às mudanças territoriais, com diagnósticos, prognósticos e proposições de intervenção, e por fim, serve de base para estudos de políticas públicas e cumprimento da legislação no contexto urbano.

O geoprocessamento e SIG são de suma importância para o planejamento urbano, principalmente visando uma gestão sustentável, pois torna possível realizar simulações em tempo real, assim como testar critérios e configurar parâmetros para aplicação na paisagem urbana. Dentre as aplicações é possível citar:

- i. Mapas de uso e cobertura da terra (AUGUSCO, COSTA, SEABRA 2016; JÚNIOR *et al.*, 2017; ANDRADE, MELO, SILVA, 2019): podem se tornar uma análise de dinâmica, uma vez que são mecanismos de monitoramento e preservação ambiental para a tomada de decisão, principalmente em áreas prioritárias. Assim como fornecem subsídios para a gestão do território;
- ii. Análise quantitativa de fragmentos florestais em áreas urbanas (BARBOSA *et al.*, 2018; GOES, SOUZA, RIBASKI, 2018; SILVA *et al.*, 2019): mostram a situação pretérita e atual da vegetação nativa, assim como quantifica as mudanças na cobertura vegetal, com exposição do solo e cursos d'água, relacionada à ação antrópica;
- iii. Mapeamentos de situações de risco e dos problemas de saúde (CARVALHO *et al.*, 2000; GURGEL, 2003, CHIARAVALLLOTI-NETO, 2017) - fornecem subsídios para construir a cadeia explicativa dos problemas do território e orientar ações – quanto aos locais de foco e a acessibilidade e utilização de serviços de saúde.
- iv. Estudos de vulnerabilidade socioambiental (FREITAS; CUNHA, 2013; MACEDO, 2018; DIAS, SILVA, GRIGIO, 2021) - mapeiam o risco presente em determinado território, além de nortear políticas públicas voltadas para as populações residentes em áreas de risco, visando ações preventivas relacionadas aos riscos socioambientais.
- v. Mapeamento de impactos em Unidades de conservação urbanas (NASCIMENTO, 2010; FERREIRA-FILHO, CARVALHO, CAMACHO, 2017; MARQUES, ROCHA, 2019) - monitoramento das atividades antrópicas e seus impactos provenientes das diferentes formas de uso do solo no entorno das unidades.
- vi. Mapeamento e análise das áreas de preservação permanente (MENZORI, FALCOSKI, 2017; OLIVEIRA, FRANCISCO, 2018; DE ALBUQUERQUE, PINHEIRO, 2019), a fim de realizar uma fiscalização e monitoramento das ações antrópicas nas APPs, assim como direcionar os gestores municipais sobre ocupação desordenada do território e impactos ambientais.

vii. Escolha de áreas para aterro sanitário (NUNES, *et al.*, 2007; CARRILHO, CÂNDIDO, SOUZA, 2018; DIAS, ANDRADE, 2020) - avaliar a aptidão de áreas para disposição de resíduos sólidos, por meio de análise espacial, baseada em análise multicriterial e redes neurais artificiais (RNA).

De acordo com Cordovez (2002) o geoprocessamento pode ser utilizado como uma ferramenta de gestão urbana visando: controle urbano (licenciamento de obras e fiscalização ambiental), finanças (cadastro imobiliário, espacialização da inadimplência), saúde (controle epidemiológico, localização das unidades de saúde), educação (localização das escolas, cadastro especializado), transporte e trânsito (planejamento de trânsito, ampliação do sistema viário), serviços urbanos (manutenção do cadastro florestal, coleta e disposição de resíduos sólidos), infraestrutura e obras públicas (mapeamento e atualização da rede de drenagem pluvial, acompanhamento dos serviços executados) entre outros.

Há ainda a utilização do geoprocessamento para questões atuais de saúde pública, como é o caso da pandemia da COVID-19, com a análise espacial para tomada de decisão (CARDOSO *et al.* 2020).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente o geoprocessamento e SIG estão amplamente disponíveis e são utilizados para apoiar o ordenamento urbano e ambiental, com o mapeamento e simulação da ocupação e os usos do território, apoio na espacialização de estruturas urbanas, redes de saneamento, definição de áreas prioritárias, dentre outros.

Contudo, é necessário enfatizar que não há respostas únicas ou resultados inquestionáveis para estudos na gestão urbana, pois apresenta pontos de vista, regidos por diferentes critérios, do especialista que realiza o mapeamento e análise. Dessa forma, torna-se imprescindível um prévio conhecimento da área ou da situação social a ser estudada, para evitar um mapeamento ou síntese de informação que não correspondam à realidade.

Todavia é importante destacar que o geoprocessamento traz a oportunidade de um planejamento participativo, no qual ciência e tecnologia cooperam na tomada de decisão e dão suporte para uma gestão urbana sustentável.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, B. DAS.; MELO, M. R. DAS.; DASILVA, M. H. S. (2019) **Geoprocessamento aplicado a análise do uso do solo na área de proteção ambiental dos mananciais do córrego lajeado, Campo Grande - MS**. Sociedade e Território, Natal, v. 31, n. 1, p. 200-221, 26 ago. 2019.
- AUGUSTO R. C.; COSTA E. C. P.; SEABRA V. S.; (2016) **Mapeamento de uso e cobertura da terra e cálculo de superfície real da bacia hidrográfica do rio Caceribu-RJ**. Estudos Geográficos, Rio Claro, v. 14, n. 2, p. 43-56, jul./dez. 2016.
- ARONOFF, S. (1989) Sistema de informação geográfica: Uma perspectiva de gestão. **Geographic Information Systems: A management perspective**. WDL Publications. 1989, 294p.
- BARBOSA S. G.; SPLETOZER A. G.; ROQUE M. P. B.; NETO J. A. F.; DIAS H. C. T.; RAMOS M. P.; BONILLA M. A. C.; RIBEIRO W. S., CRUZ R. A.; ZANUNCIO J. C.; (2018) **Geotechnology in the analysis of forest fragments in northern Mato Grosso, Brazil**. Scientific Reports. 2018. (2018) 8:3959 | DOI:10.1038/s41598-018-22311-y
- BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R.A. (1998) **Principles of geographical information systems**. Oxford University Press, Oxford, 1998. n2, april 1998.
- CÂMARA, G.; FREITAS, U.M.; SOUZA, R.C.M.; GARRIDO, J. (1996) **SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS by Object-Oriented Data Modelling**. Computers and Graphics, vol. 15, n.6, July 1996.
- CÂMARA G.; MONTEIR A. M. O; MEDEIROS J. S.; **Capítulo “Fundamentos de geoprocessamento” de Câmara e Davis no livro: introdução à ciência da geoinformação**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>; Acesso em: 30 set. 2021, 14:10:30.
- CARDOSO P. V.; SEABRA V. S.; BASTOS I. B.; COSTA E.C. P; (2020) **A importância da análise espacial para tomada de decisão: um olhar sobre a pandemia de covid-19**. Rev. Tamoios, São Gonçalo (RJ), ano 16, n. 1, Especial COVID-19. pág. 125-137, maio 2020
- CARVALHO M. S.; PINA M. F.; SANTOS S. M. **Conceitos básicos de sistemas de informações geográficas aplicados à saúde**. Organização Panamericana de Saúde/Ministério da Saúde, Brasília: 124 p., 2000.
- CHIARAVALLOTI-NETO F; **O geoprocessamento e saúde pública**. [S.l.], Arquivos de Ciências da Saúde, 2017, Disponível em: <https://www.cienciasdasaude.famerp.br/index.php/racs/article/view/661>, Acesso em: 30 set. 2021, 14:27:00.
- CARRILHO A. N; CANDIDO H. G.; SOUZAA. D. (2018) **Geoprocessamento aplicado na seleção de áreas para a implantação de aterro sanitário no município de Conceição das Alagoas (MG)**. Engenharia Sanitária e Ambiental, [online]. v.23, n.1,

p. 201-206, set. 2.018.

CORDOVEZ, J.C.G. (2002) **Geoprocessamento como ferramenta de gestão urbana**. Anais - I Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, Aracaju/SE, out. 2002.

COPPOCK, J. T., and D. W. Rhind. 1991. **"The History of GIS."** In **Geographical Information Systems: Principles and Applications**, edited by D. J. Maguire, M. F. Goodchild, and D. W. Rhind, 21–43. Vol. 2. London: Longman.

DE ALBUQUERQUE, G. S.; DE AGUIAR PINHEIRO, M. V.; (2021) **Análise e mapeamento das áreas de preservação permanente das nascentes do município do Crato, Ceará**. Revista GeoUECE, [S. I.], v. 8, n. 14, p. 266–275, 2021.

DIAS D. C.; SILVAN. C.; ALBERTI H. L. et al. (2011). **The importance of geoprocessing tools in radiometric monitoring of large areas**. International Nuclear Atlantic Conference - INAC 2011. Belo Horizonte, MG, Brazil.

DIAS G. H.; SILVA M. R. F.; GRIGIO A. M.; (2021) **Vulnerabilidade ambiental: uma abordagem sobre a exposição ao risco e a degradação ambiental em Mossoró/RN-Brasil**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.7, n.2, p.17199-17216, feb 2.021.

DIAS L.; ANDRADE A. (88 - 99). **Uso de geoprocessamento para indicação de áreas favoráveis à construção de aterro sanitário no município de Diamantina (MG)**. Rev. Geogr. Acadêmica v.14, n.2 (xii.2020)

J. M. F. FILHO; R. G. CARVALHO; R. G. V. CAMACHO. **Impactos ambientais em unidades de conservação urbanas: o caso da Área de Relevante Interesse Ecológico da Ilha da Coroa em Mossoró no Rio Grande do Norte, Brasil**. Revista Brasileira de Geografia Física v.10, n.01 p. 304-316. (2017)

FITZ P. R. (2008) **Geoprocessamento sem complicação**. Oficina de textos, São Paulo, 2008.

FLORENZANO T.G. (2011); **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. Oficina de Textos, São Paulo, 2011. 128 p.

FREITAS M. I. C.; CUNHA, L.; (2013) **Cartografia da vulnerabilidade socioambiental: convergências e divergências a partir de algumas experiências em Portugal e no Brasil**. urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, v. 5, n. 1, p. 15-31, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/110027>.

GOES B. C.; SOUZA P. G.; RIBASKI N. G.; **Zoning of protity fragments for conservation in parks in Curitiba – Barigui, General Iberê de Mattos, São Lourenço, Tanguá and Tingui**. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 2-43, Jul. /Set. 2018.

GURGEL H. D. C.; (2003) **A utilização das geotecnologias em estudos**

epidemiológicos: o exemplo da relação entre a malária e o NDVI em Roraima. Anais XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil, 05 - 10 abril 2003, INPE, p. 1303 - 1310.

MACEDO, Y. M. **Contribuições do Geoprocessamento para estudos de risco e vulnerabilidade socioambiental em Natal/RN, Brasil.** Revista de Geociências do Nordeste, v. 4, n. 2, p. 44-62, 31 jul. 2018.

MARQUES, F.; ROCHA, M. B. (2019) **Impacts of public use in conservation units: scientific production in Rio de Janeiro. Impactos do uso público em unidades de conservação: produção científica no Rio de Janeiro.** Research, Society and Development, v. 8, n. 3, p. 01-26, 2019.

GOODCHILD M. F. (2018) **Reimagining the history of GIS**, Annals of GIS, v 24, n. 1, p. 1-8,

MENZORI, I. D.; FALCOSKI L. A. N.; **Mapeamento e análise das áreas de preservação permanente e dos corredores de integração ecológica de Araraquara, SP.** Ambiente Construído. 17 (02) • Apr-Jun 2017

NUNES J. O. R.; SAMIZAVA T. M.; IMAI N. N.; GALO M. L. B. T.; KAIDA R. H.; (2007). **Aplicação e avaliação de uma rede neural artificial para escolha de áreas para aterro sanitário.** Revista Formação, [online], v. 1, n.14, p. 113-125. 2007.

NASCIMENTO, J. L. A. (2010) **Uso de geotecnologia no monitoramento de unidades de conservação: Ocupações periurbanas na APA margem esquerda do Rio Negro.** Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2010. 117p.

OLIVEIRA T. G.; FRANCISCO C. N. (2018). **Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente e as Mudanças no Código Florestal.** Caderno de Geografia, v.28, n.53, 2018.

Ribeiro CAD. 2008. Apostila de introdução ao geoprocessamento. Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo. Espírito Santo, Brasil.

SILVAA. L.; LONGO R. M.; BRESSANE A.; CARVALHO M. F. H. (2019) **Classificação de fragmentos florestais urbanos com base em métricas da paisagem.** Ci. Fl., Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 1254-1269, Jul. /Set. 2019.

GEOPROCESSING IN URBAN MANAGEMENT

ABSTRACT –The transformations of natural environments in the process of urbanization and construction of cities modify and alter the natural environment. It is up to the government to manage and monitor urban areas, which involves processes and territorial planning, often covering large areas and with different conflicts. In this context, geoprocessing can be used as an important tool, as it is a set of technologies that relate the processing of georeferenced data with various data and information sources and, in this way, bring a vast possibility of interactions and applications. In this chapter, we sought to present the resources and usabilities that geoprocessing tools

have and can be used in urban management. Geoprocessing enables continuous and low-cost monitoring, contributing to decision-making in urban management. However, for the best applicability, it is necessary to formulate clear criteria that meet the proposed objective. Thus, it is noteworthy that the importance of training the researcher in the use of these technologies is of real importance for the quality of the results since there are several methods and ways of working with geoprocessing, requiring prior knowledge of the study area, so that such information and results represent reality, and guide the sustainable use of the territory.

KEYWORDS: Geographic Information Systems (GIS); Urban planning; Land mapping.

PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES

Danielly Cruz Campos Martins

lattes.cnpq.br/9866322259971452

Universidade Estadual de Maringá
(UEM), Maringá, Paraná

Luiz Roberto Taboni Junior

lattes.cnpq.br/3646391902285921

Faculdade de Engenharia e
Inovação Técnico Profissional
(Feitep), Maringá, Paraná

Ana Paula Jambers Scandelai

lattes.cnpq.br/0616662624914832

Universidade Estadual de Maringá
(UEM), Maringá, Paraná

Resumo - O tratamento de efluentes tem sido um desafio há décadas. Dentre os métodos de tratamento utilizados podem ser citados os processos biológicos, eficientes para efluentes biodegradáveis, os físico-químicos, que envolvem transferência de fase do contaminante e os processos oxidativos avançados (POA), que promovem mineralização total ou parcial dos compostos orgânicos biodegradáveis e refratários. Os POA se caracterizam pela formação de radicais hidroxil, altamente oxidantes

e não seletivos, que promovem sucessivas reações oxidativas em compostos orgânicos até que estes sejam transformados em CO_2 e H_2O . Possuem, dentre várias vantagens, a não geração de subprodutos sólidos e a possibilidade de aplicação *in loco*. Dentre as técnicas de POA utilizadas para o tratamento de efluentes, o presente capítulo traz o destaque para as técnicas de POA $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ e ozonização, os quais são aqui abordados com detalhes.

PALAVRAS-CHAVE: POA; Poluente orgânico; Tratamento terciário; Teuso.

1. INTRODUÇÃO AOS PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS

Nas últimas décadas, estudos voltados para o tratamento de efluentes tem ganhado espaço no campo científico. Dentre esses tratamentos, destacam-se os processos oxidativos avançados (POAs), os quais além de serem eficientes na degradação dos compostos orgânicos refratários são considerados processos limpos e ambientalmente amigáveis, visto que, em sua maioria, não geram subprodutos sólidos (TITCHOU *et al.*, 2021; QUEIROZ *et al.* 2019; BRITO;

SILVA, 2012; BILA; AZEVEDO; DEZOTTI, 2008).

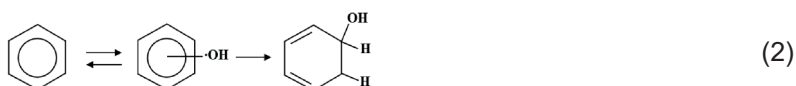
Os POAs agem a partir de subsequentes mudanças na estrutura química dos compostos contaminantes, as transformando em moléculas mais simples. Promovem o aumento da degradabilidade dos compostos orgânicos quando parcialmente oxidados e sua completa mineralização em dióxido de carbono, água e sais inorgânicos (provenientes de heteroátomos) quando oxidados por completo (COHA *et al.*, 2021; BRITO; SILVA, 2012; BILA; AZEVEDO; DEZOTTI, 2008; DOMÈNECH; JARDIM; LITTER, 2001).

Esses processos fundamentam-se na produção de radicais livres, com destaque para o radical hidroxil ($\cdot\text{OH}$), o qual possui elevada capacidade oxidante, com potencial redox de 2,80 eV, ficando apenas atrás do flúor (2,87 eV) (MA *et al.* 2021). O radical hidroxil reage sem seletividade com moléculas orgânicas com velocidades elevadas de reação e promove a degradação de contaminantes orgânicos, sejam eles biodegradáveis ou refratários (SUN *et al.*, 2021; FIOREZE; SANTOS; SCHMACHTENBERG, 2014; SANZ; LOMBRAÑA; LUIS, 2013).

De acordo com a estrutura do contaminante orgânico, o radical hidroxil pode agir por quatro mecanismos distintos, os quais são: adição eletrofílica, abstração de átomo de hidrogênio, transferência eletrônica e reações radical-radical (BRITO; SILVA, 2012; VON SONNTAG, 2006; NOGUEIRA *et al.*, 2007; LEGRINI; OLIVEROS; BRAUN, 1993). A predominância do mecanismo de reação depende não somente da concentração dos poluentes orgânicos, como também da sua recalcitrância e concentração de radicais oxidantes (BRITO; SILVA, 2012).

1.1. Adição eletrofílica

Neste mecanismo a adição eletrofílica do radical hidroxil ocorre nas ligações π de hidrocarbonetos insaturados e compostos aromáticos, a exemplo das Equações 1 e 2, respectivamente. Como resultado, tem-se a formação de radicais orgânicos, os quais podem atuar como produtos intermediários na cadeia de reações oxidativas (VON SONNTAG, 2006; LEGRINI; OLIVEROS; BRAUN, 1993).



1.2. Abstração de átomo de hidrogênio

No mecanismo de abstração de hidrogênio o radical hidroxil remove

o átomo de hidrogênio dos compostos orgânicos alifáticos, gerando radicais orgânicos e molécula de água (Equação 3). Os radicais orgânicos, por sua vez, ao reagirem com oxigênio molecular dissolvido, geram radicais peróxido (Equação 4), os quais iniciam reações térmicas em cadeia de decomposição de outras substâncias orgânicas (MIERZWA; RODRIGUES; TEIXEIRA, 2018; NOGUEIRA *et al.*, 2007; LEGRINI; OLIVEROS; BRAUN, 1993).



1.3. Transferência eletrônica

No que se refere ao mecanismo de oxidação por transferência eletrônica o radical hidroxil atua como acceptor de elétrons e é reduzido ao ânion hidróxido (Equação 5). O mesmo geralmente ocorre em casos em que os mecanismos de atração eletrofílica e abstração por hidrogênio não são favoráveis, como na oxidação de hidrocarbonetos clorados (MIERZWA; RODRIGUES; TEIXEIRA, 2018; NOGUEIRA *et al.*, 2007; LEGRINI; OLIVEROS; BRAUN, 1993).



1.4. Reações radical-radical

Além dos mecanismos já apresentados, reações de combinações radicalares, como as apresentadas nas Equações 6 e 7 podem ocorrer. As mesmas, embora ocorram, são indesejáveis, uma vez prejudicam a eficiência do processo oxidativo, já que consomem radicais hidroxil (NOGUEIRA *et al.*, 2007; LEGRINI; OLIVEROS; BRAUN, 1993).



1.5. Formação de radicais hidroxil

A formação dos radicais hidroxil pode ocorrer por meio de reações envolvendo oxidantes fortes, como o ozônio (O_3) e o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), semicondutores, como dióxido de titânio (TiO_2) e óxido de zinco (ZnO), meios fotoquímicos, como irradiação solar e radiação ultravioleta (UV), ou outros meios de energia, como feixe de elétrons e ultrassom, e pela combinação entre esses (ARAÚJO *et al.*, 2016; DOMÈNECH; JARDIM; LITTER, 2001; HUANG; DONG; TANG, 1993).

Os POAs comumente são subdivididos em quatro grandes grupos, representados por processos heterogêneos e homogêneos, e processos que utilizam ou não radiação durante a reação, como apresentado no Quadro 1 (QUEIROZ *et al.*, 2019; FIOREZE; SANTOS; SCHMACHTENBERG, 2014).

Quadro 1: Processos oxidativos avançados usualmente utilizados e sua classificação em homogêneo e heterogêneo, com e sem radiação

Processo	Homogêneo	Heterogêneo
Com radiação	O ₃ /ultravioleta (UV)	TiO ₂ /O ₂ /UV
	H ₂ O ₂ /UV	TiO ₂ /H ₂ O ₂ /UV
	O ₃ /H ₂ O ₂ /UV	Fotocatálise heterogênea
	Foto-Fenton	
	Ultrassom (US)	
	H ₂ O ₂ /US	
	UV/US	
Sem radiação	Feixe de elétrons	
	O ₃ /H ₂ O ₂	Eletro-fenton
	O ₃ /OH [•]	O ₃ /catalisador
	H ₂ O ₂ /Fe ²⁺ (Fenton)	
	Oxidação em água sub e supercrítica	

Fonte: Fioreze, Santos e Schmachtenberg (2014); Domènech, Jardim e Litter (2001) Huang, Dong e Tang (1993).

1.6. Vantagens dos POAs

Várias são as vantagens de aplicação dos POAs, dentre as quais, Fioreze, Santos e Schmachtenberg (2014) e Teixeira e Jardim (2004) elencam:

- os POAs promovem sucessivas modificações químicas dos compostos orgânicos, podendo alcançar o aumento de sua tratabilidade ou a sua completa mineralização;
- a falta de especificidade dos radicais hidroxil gerados nesses processos viabiliza a degradação de substratos de diferentes naturezas químicas, até mesmo os compostos refratários;
- são eficientes na remoção de microcontaminantes;
- em sua maioria não geram resíduos sólidos;
- a formação de subprodutos das reações de oxidação ocorre em baixas concentrações, quando existentes;
- dependendo do objetivo de sua aplicação, podem ser utilizados como pré ou pós-tratamento;
- possibilitam tratamento *in loco*.

Dentre os processos oxidativos existentes, e anteriormente apresentados no Quadro 1, serão abordados com mais detalhes os processos H₂O₂/UV e ozonização.

2. PROCESSO H_2O_2/UV

A combinação do peróxido de hidrogênio (H_2O_2) com a radiação ultravioleta (UV) é muito vantajosa. Enquanto o H_2O_2 por si só apresenta um potencial de oxidação molecular de 1,78 V, o radical hidroxil, gerado por sua fotólise (Equação 8), apresenta potencial redox de 2,80 V, garantindo uma oxidação mais energética dos compostos orgânicos (BRITO; SILVA, 2012).



A fotólise do H_2O_2 , de acordo com Legrini, Oliveros e Braun (1993) e Domènech, Jardim e Litter (2001), é favorecida em condições de pH alcalino. Entretanto, segundo Von Sonntag (2006) e Ameta (2018), o poder de oxidação dos radicais hidroxil gerados é maior em meio ácido.

Em concorrência ao processo oxidativo de compostos orgânicos, os radicais hidroxil podem ser sequestrados por íons carbonatos (CO_3^{2-}) e bicarbonatos (HCO_3^-). Esses, ao reagirem com o $\cdot OH$, por meio de reações de transferência de elétrons (Equações 9 e 10), geram radical do ânion carbonato ($CO_3^{\cdot-}$), que, embora seja um produto radicalar oxidante, possui um menor potencial redox e uma elevada seletividade oxidativa (LEGRINI; OLIVEROS; BRAUN, 1993; MIERZWA; RODRIGUES; TEIXEIRA, 2018).



Todavia, quando o POA H_2O_2/UV ocorre em pH ácido (menor que 5) o efeito por sequestro de radicais hidroxil pelos íons carbonato e bicarbonato são reduzidos ou anulados em consequência às reações de equilíbrio envolvendo essas espécies, uma vez que o equilíbrio muda para o ácido carbônico, que tem uma baixa reatividade com $\cdot OH$ (LIAO; KANG; WU, 2001; MIERZWA; RODRIGUES; TEIXEIRA, 2018).

As reações de principal interesse do radical hidroxil são voltadas à decomposição dos compostos orgânicos por meio da abstração do átomo de hidrogênio, adição eletrofílica e transferência de elétrons, apresentados anteriormente. No entanto, caso o sistema não esteja ajustado em condições adequadas de pH do meio e dosagem de H_2O_2 (aumentando muito sua concentração), os $\cdot OH$ podem se recombinar, formando H_2O_2 novamente (Equação 11). Ademais, o H_2O_2 excedente passa a atuar como interceptor dos $\cdot OH$, gerando o radical peróxido ($HO_2\cdot$) (Equação 12). Esse, por sua vez, além de possuir potencial redox inferior aos seus precursores (1,42 V), também age como sequestrador do radical (Equação 13), prejudicando, assim, a eficiência do processo oxidativo (BRITO; SILVA, 2012; DOMÈNECH; JARDIM; LITTER, 2001).



As moléculas de H_2O_2 apresentam absorção máxima em 220 nm, motivo pelo qual para a realização de sua fotólise podem ser utilizadas lâmpadas de xenônio e mercúrio (Xe/Hg) que emitem radiação na faixa de 210 a 240 nm. No entanto, por essas lâmpadas apresentarem elevado custo, geralmente nos POAs que envolvem foto oxidação são utilizadas lâmpadas de vapor de mercúrio de baixa pressão, as quais emitem radiação UV principalmente no comprimento de onda de 254 nm. Se por um lado esse comprimento de onda favorece a desinfecção do efluente e a fotólise direta de alguns compostos orgânicos, por outro, a absorvidade do peróxido nele é de apenas $19,6 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$, o que reflete em baixa geração de radicais hidroxil (BRITO; SILVA, 2012; DOMÈNECH; JARDIM; LITTER, 2001; HUANG; DONG; TANG, 1993). Para contornar essa problemática pode-se aumentar a concentração de H_2O_2 no meio reacional, tomando o cuidado de controlar as reações indesejadas de sequestro dos radicais formados.

Por esses motivos, ensaios de tratabilidade, nos quais são definidos os parâmetros ótimos de processo, como pH do meio, tempo de reação e dosagem de H_2O_2 , são essenciais para estabelecer um POA eficiente para um efluente específico (TEIXEIRA; JARDIM, 2004).

Ainda que o processo H_2O_2 /UV apresente algumas desvantagens, o mesmo proporciona várias vantagens relacionadas ao uso do H_2O_2 . Esse oxidante é comercialmente disponível a baixos custos, se mostrando uma fonte econômica de radicais hidroxil. É termicamente estável, não corrosivo, de armazenamento fácil e seguro e apresenta solubilidade infinita em água, sem limitações de transferência de massa. Ademais, o POA H_2O_2 /UV pode ser projetado como um sistema compacto destinado a atuar no mesmo local em que o efluente a ser tratado é gerado (BELGIORNO; NADDEO; RIZZO, 2011; LEGRINI; OLIVEROS; BRAUN, 1993).

2.1 Aplicações do processo H_2O_2 /UV

Naumczyk *et al.* (2014) pós-trataram efluente de indústria cosmética utilizando POA H_2O_2 /UV. Sob condições de pH 8,0, tempo de irradiação UV de 60 min e concentração de H_2O_2 de 1900 mg L^{-1} . Obtiveram como resultado um aumento de remoção de 36,4% de DQO (demanda química de oxigênio), com relação ao efluente pré-tratado por coagulação-floculação com $FeCl_3$, o qual apresentava $637,2 \text{ mg L}^{-1}$ de matéria orgânica.

Souza *et al.* (2019), por sua vez, trataram com H_2O_2 /UV efluente de lavanderia hospitalar. O efluente bruto apresentava concentrações iniciais de 217 mg L^{-1} de DQO, 368 uH de cor e 76 UNT de turbidez. Com o tratamento

obtiveram as respectivas remoções de 60,3%, 48,5% e 53,4%. Para tanto, as condições operacionais aplicadas foram de pH 9,0, tempo de irradiação UV de 60 minutos e dosagem de peróxido de oxigênio em razão 1:2,5 [DQO:H₂O₂], correspondente a 542,5 mg L⁻¹ de H₂O₂.

Já Sarto *et al.* (2019) aplicaram H₂O₂/UV como tratamento de efluente de indústria têxtil de características de 9906 mg L⁻¹ de DQO e 3175 mg L⁻¹ de DBO (demanda bioquímica de oxigênio). As remoções obtidas com o tratamento sob condições de pH 6, tempo de irradiação UV de 50 min e concentração de H₂O₂ de 20,7 mg L⁻¹ foram de 80% e 75%, respectivamente.

Ainda, Neves *et al.* (2020) pós-trataram efluente de indústria de papel e celulose com H₂O₂/UV sob as condições de pH 8,0, dosagem de H₂O₂ de 200 mg L⁻¹ e irradiação UV por 90 min. O efluente tratado, o qual foi submetido ao pós-tratamento, apresentava características de 194,3 mg L⁻¹ de DQO, 352,3 uH e 6,1 UNT. Com o POA H₂O₂/UV alcançaram remoções desses parâmetros em 85,4%, 92,6% e 2,7%, respectivamente.

3. OZONIZAÇÃO

O ozônio (O₃) é um gás instável, desprovido de cor, parcialmente insolúvel em matrizes aquosas, de alto poder oxidante e com odor forte e bem característico. Em decorrência de sua instabilidade, deve ser gerado *in situ* e utilizado imediatamente após sua formação (LAPOLLI *et al.*, 2003; KUMAR; SINHG; SHAH, 2021).

Sua geração pode ocorrer por cinco métodos distintos, a saber: fotoquímico, radiação química, eletroquímico, térmico e elétrico, sendo este último o mais utilizado, visto que tem aplicação tanto em escala laboratorial quanto real. Neste o princípio de trabalho é a descarga elétrica que é aplicada à molécula de O₂, pura ou advinda do ar, decompondo-a por meio da quebra de suas ligações duplas, formando dois átomos de oxigênio, que reagem com outra molécula de O₂, formando o ozônio, como apresentado nas Equações 14 e 15 (BILA; AZEVEDO; DEZOTTI, 2008).



A ozonização pode ocorrer por mecanismo direto, isto é, via ozônio molecular (E⁰ = 2,07 V), ou por mecanismo indireto, via radical hidroxil (E⁰ = 2,80 V) formado pela decomposição do ozônio (KORPE; RAO, 2021; DOMINGUES *et al.*, 2021). Embora os dois mecanismos muitas vezes ocorram simultaneamente, dependendo do pH do meio haverá predominância entre eles. De acordo com Domingues *et al.* (2021), em pH ácido predominam mecanismos diretos de oxidação, enquanto em pH alcalino prevalecem mecanismos indiretos.

As reações diretas entre o O₃ e substâncias dissolvidas são altamente

seletivas e mais lentas que as que ocorrem no mecanismo indireto de ozonização. O ozônio pode agir como um agente (WANG; SMITH; GAMAL EL-DIN, 2003; BILA; AZEVEDO; DEZOTTI, 2008; FIOREZE; SANTOS; SCHMACHTENBERG, 2014):

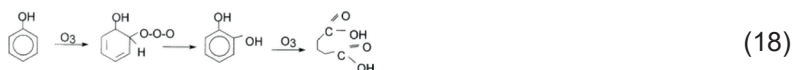
- i. dipolo: decompondo ligações insaturadas, como $C=C-X$, $C=C$ e $C=C-O-R$, a exemplo da Equação (16);



- ii. nucleofílico: reagindo com moléculas com déficit de elétrons ou carbonos com grupos capturadores de elétrons, como $C=N$, a exemplo da Equação (17); ou



- iii. eletrofílico: reagindo com compostos aromáticos com grupos doadores de elétrons, como $-NH_2$ e $-OH$, ocasionando a abertura do anel aromático e gerando compostos oxidados de cadeias menores, como apresentado por Korpe e Rao (2021), na Equação 18.



Em decorrência destas características, o O_3 reage mais rapidamente com moléculas insaturadas e aromáticas, átomos com densidade de carga negativa (como N, P, O ou carbonos nucleofílicos), compostos orgânicos de grupos facilmente oxidáveis e ionizáveis (como cetonas, ácidos carboxílicos, aldeídos e aminas), compostos com presença de radicais hidroxil, metil e metóxi, moléculas orgânicas ricas em elétrons (como hidrocarbonetos aromáticos policíclicos e fenóis) e íons como nitrito, brometo, bissulfito, iodeto, entre outros (BILA; AZEVEDO; DEZOTTI, 2008; GHAZI; LASTRA; WATTS, 2014; SINGH; MOODY; TOWNSEND, 2014).

No mecanismo indireto de ozonização, os radicais hidroxil são formados pela decomposição do ozônio em fase aquosa. Embora vários sejam os mecanismos propostos para a formação do $\bullet OH$ a partir de O_3 , para todos eles a reação geral pode ser expressa pela Equação 19 (KUMAR; SINGH; SHAH, 2021).



No processo de ozonização a formação dos radicais $\bullet OH$ é desejável, visto que os mesmos não apresentam seletividade, reagindo indiscriminadamente com compostos orgânicos de elevada e média massa

molecular, em elevadas taxas de reação (HOIGNÉ, 1998). Os $\bullet\text{OH}$ embora quase não reajam com compostos orgânicos clorados, reagem com grupos alifáticos, aromáticos e ácidos graxos, produzindo moléculas hidroxiladas e mais vulneráveis ao ataque eletrofílico do O_3 (HOWE *et al.*, 2012; LEE; VON GUNTEN, 2012).

Enquanto apenas os processos de reação direta são capazes de promover a desinfecção de efluentes, as reações oxidativas ocorrem por ambos os mecanismos, podendo levar à mineralização dos compostos orgânicos ou à sua transformação em compostos intermediários mais simples, de menor massa molecular e maior degradabilidade que seus precursores (BILA; AZEVEDO; DEZOTTI, 2008).

Alguns compostos inibidores diminuem a eficiência de oxidação da matéria orgânica, visto que agem como sequestradores de radicais hidroxil (WANG; SMITH; GAMAL EL-DIN, 2003; BILA; AZEVEDO; DEZOTTI, 2008). Dentre os capturadores podem ser citados a própria matéria orgânica, íons carbonato e bicarbonato (com reações anteriormente já explicitadas na Equações 9 e 10), espécies radicalares, álcoois terciários e grupo alquil (GHAZI; LASTRA; WATTS, 2014).

Cabe, ainda, aqui ressaltar que o O_3 residual, isto é, a parcela que não é consumida durante o processo oxidativo, apresenta potencial tóxico. Por este motivo, necessita ser decomposto, via processo térmico ou térmico-catalítico, anteriormente ao seu lançamento no ambiente (HOIGNÉ, 1998).

3.1 Aplicações do processo de ozonização

Jung *et al.* (2017) aplicaram ozonização em lixiviado de aterro sanitário de características de 1475 mg L^{-1} de DQO e 531 mg L^{-1} de COT (carbono orgânico total). Após tratamento de 60 min com taxas mássicas de ozônio de 639 mg h^{-1} , em pH 9,0, obtiveram remoções de DQO e COT de 40% e 30%, respectivamente.

Trevizani *et al.* (2019), por sua vez, trataram efluente têxtil pelo processo de ozonização. As características médias do efluente bruto eram de pH 8,8, cor verdadeira 1553 uH e DQO de 350 mg L^{-1} . Na melhor condição operacional (pH natural, dosagem de ozônio de $1085,25 \text{ mg h}^{-1}$ e 5 h de reação) alcançaram remoções médias de 84% para o parâmetro de cor e 46% para a DQO.

Já Egbuikwen, Mierzwa e Saroj. (2020) estudaram a ozonização como pós-tratamento de efluente misto industrial e doméstico, posteriormente a processo biológico. Sob as condições pH natural do efluente de 7,9, dosagem de ozônio de 250 mg h^{-1} e 60 min de reação promoveram uma redução de 19,9% da DQO e aumento da biodegradabilidade do efluente tratado.

Saranya e Shanthakumar ao tratarem efluente de curtume (pH 7,5 e concentração de DQO 3200 mg L^{-1}) promoveram remoção de 61% ao realizarem ozonização no pH natural do efluente, sob taxa mássica de O_3 de

2 g h⁻¹ durante 90 minutos de reação.

4. CONSIDERAÇÕES

Uma das grandes problemáticas atuais é a mitigação de problemas relacionados à geração de efluentes. Estes, anteriormente a serem lançados necessitam de eficiente tratamento, capaz de reduzir sua carga orgânica, assim como remover contaminantes prejudiciais ao ambiente. Muitas são as tecnologias empregadas ao tratamento de efluentes, no entanto, poucos são os processos efetivamente capazes de tratar aqueles com elevada concentração de matéria orgânica recalcitrante. Nesse sentido, os processos oxidativos avançados se destacam como uma série de tecnologias promissoras para tratar efluentes das mais diversificadas matrizes aquosas.

Todas as tecnologias que compõem os POA apresentam elevado potencial oxidativo e são capazes de degradar compostos orgânicos complexos, com destaque para os recalcitrantes, transformando-os, por meio de sucessivas reações oxidativas, em moléculas mais simples e de mais fácil degradabilidade, ou até mesmo até sua completa mineralização em CO₂, água e íons inorgânicos. Apresentam grande potencial para serem aplicados como pré ou pós-tratamentos, a depender do objetivo que se quer obter com sua aplicação. Além disso, podem ser considerados ambientalmente amigáveis, visto que, em sua maioria, não geram subprodutos sólidos que necessitem de posterior tratamento e disposição.

Ademais, são uma ferramenta promissora para o tratamento de efluentes visando o seu reuso, dentro das unidades geradoras, para fins não potáveis. Portanto, os processos oxidativos avançados aqui descritos apresentam-se como uma alternativa para promover a sustentabilidade do meio urbano, mitigando problemas ambientais referentes à poluição pelo lançamento inadequado de efluentes e, ao mesmo tempo, promovendo a preservação de águas potáveis para fins que necessitem de potabilidade.

REFERÊNCIAS

AMETA, S. C. Introduction. In: AMETA, S. C.; AMETA, R. (Eds). **Advanced Oxidation Processes for Wastewater Treatment: Emerging Green Chemical Technology**. London: Elsevier, 2018. p. 1–12. DOI: 10.1016/b978-0-12-810499-6.00001-2

ARAÚJO, K. S. *et al.* Processos oxidativos avançados: uma revisão de fundamentos e aplicações no tratamento de águas residuais urbanas e efluentes industriais. *Revista Ambiente e Água*, v. 11, n. 2, p. 387-401, 2016. DOI: 10.4136/ambi-água.1862.

BELGIORNO, V.; NADDEO, V.; RIZZO, L. **Water, wastewater, and soil treatment by advanced oxidation processes**. Italy: ASTER, 2011.

BILA, D. M.; AZEVEDO, E. B.; DEZOTTI, M. Ozonização e processos oxidativos

avançados. In: DEZOTTI, M. (Coord.). **Processos e técnicas para o controle ambiental de efluentes líquidos**. Rio de Janeiro: E-papers, 2008. p. 243-308.

BILA, D. M.; AZEVEDO, E. B.; DEZOTTI, M. Ozonização e processos oxidativos avançados. In: DEZOTTI, M. (Coord.) *et al.* **Processos e técnicas para o controle ambiental de efluentes líquidos**. Rio de Janeiro: E-papers, 2008. cap. 4, p. 243-308.

BRITO, N. N.; SILVA, V. B. M. Processo oxidativo avançado e sua aplicação ambiental. **Revista eletrônica de Engenharia Civil**, v. 1, n. 2, p. 36-47, 2012. DOI: 10.5216/reec.v3i1.17000.

COHA, M. *et al.* Advanced oxidation processes in the removal of organic substances from produced water: Potential, configurations, and research needs. **Chemical Engineering Journal**, v. 414, artigo 128668, 2021. DOI: 10.1016/j.cej.2021.128668.

DOMÈNECH, X.; JARDIM, W. F.; LITTER, M. Processos avanzados de oxidación para la eliminación de contaminantes (Capítulo 1). In: BLESÁ, M. A. (Editor). **Eliminación de contaminantes por fotocátalisis heterogénea**. La Plata: Digital Graf, 2001. p. 3-26.

DOMINGUES, E. *et al.* Advanced oxidation processes perspective regarding swine wastewater treatment. **Science of the Total Environment**, v. 776, artigo 145958, 2021. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.145958.

EGBUIKWEM, P. N.; MIERZWA, J. C.; SAROJ, D. P. Evaluation of aerobic biological process with post-ozonation for treatment of mixed industrial and domestic wastewater for potential reuse in agriculture. **Bioresource Technology**, v. 318, artigo 124200, 2020. DOI: 10.1016/j.biortech.2020.124200.

FIGEZE, M.; SANTOS, E. P.; SCHMACHTENBERG, N. Processos oxidativos avançados: fundamentos e aplicação ambiental. **Revista eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Digital**, v. 18, n. 1, p. 79-91, 2014. DOI: 10.5902/2236117010662.

GHAZI, N. M.; LASTRA, A. A.; WATTS, M. J. Hydroxyl radical ($\bullet\text{OH}$) scavenging in young and mature landfill leachates. **Water Research**, v. 56, p. 148-155, 2014. DOI: 10.1016/j.watres.2014.03.001.

HOIGNÉ, J. Chemistry of aqueous ozone and transformation of pollutants by ozone and advanced oxidation processes. In: HRUBEC, J. (Ed.). **The Handbook of Environmental Chemistry: Quality and treatment of drinking water II**, v. 5, part C. Berlin: Springer, 1998. p. 83-141.

HOWE, K. J. *et al.* **Principles of water treatment**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2012, cap. 12, p. 477-523.

HUANG, C. P.; DONG, C.; TANG, Z. Advanced chemical oxidation: its present role and potential future in hazardous waste treatment. **Waste Management**, v. 13, p. 361-377, 1993. DOI: 10.1016/0956-053X(93)90070-D.

JUNG, C.; DENG, Y.; ZHAO, R.; TORRENS, K. Chemical oxidation for mitigation of UVquenching substances (UVQS) from municipal landfill leachate: Fenton process versus ozonation. **Water Research**, v. 108, p. 260-270, 2017. DOI: 10.1016/j.watres.2016.11.005.

KORPE, S.; RAO, P. V. Application of advanced oxidation processes and cavitation techniques for treatment of tannery wastewater—A review. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 9, artigo 105234, 2021. DOI: 10.1016/j.jece.2021.105234.

KUMAR, V.; SINGH, K.; SHAH, M. P. Advanced oxidation processes for complex wastewater treatment. In: SHAH, M. P. (Ed.). **Advanced oxidation processes for effluent treatment plants**. Netherlands: Elsevier, 202. p. 1-31. DOI: 10.1016/B978-0-12-821011-6.00001-3.

LAPOLLI, F. R. *et al.* Desinfecção de efluentes sanitários por meio da ozonização. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Desinfecção de efluentes sanitários, remoção de organismos patogênicos e substâncias nocivas: aplicações para fins produtivos como agricultura, aquicultura e hidroponia**. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. p. 169-208.

LEE, Y.; VON GUNTEN, U. Quantitative structure-activity relationships (QSARs) for the transformation of organic micropollutants during oxidative water treatment. **Water Research**, v. 46, n. 19, p. 6177-6195, 2012. DOI: 10.1016/j.watres.2012.06.006

LEGRINI, O.; OLIVEROS, E.; BRAUN, A. M. Photochemical processes for water treatment. **Chemical Reviews**, v. 93, n. 2, p. 671-698, 1993. DOI: 10.1021/cr00018a003.

LIAO, C.-H.; KANG, S.-F.; WU, F.-A. Hydroxyl radical scavenging role of chloride and bicarbonate ions in the H_2O_2 /UV processes. **Chemosphere**, v. 44, p. 1193-1200, 2001. DOI: 10.1016/S0045-6535(00)00278-2.

MA, D. *et al.* Critical review of advanced oxidation processes in organic wastewater treatment. **Chemosphere**, v. 275, artigo 13104, 2021. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2021.130104.

MIERZWA, J. C.; RODRIGUES, R.; TEIXEIRA, A. C. S. C. UV-Hydrogen Peroxide Processes. In: AMETA, S. C.; AMETA, R. **Advanced Oxidation Processes for Wastewater Treatment: Emerging Green Chemical Technology**. London: Elsevier, 2018. p. 13-48. DOI: 10.1016/B978-0-12-810499-6.00002-4.

NAUMCZYK, J. *et al.* Cosmetic wastewater treatment by coagulation and advanced oxidation processes. **Environmental Technology**, v. 34, n. 4, p. 541-548, 2014. DOI: 10.1080/09593330.2013.808245.

NEVES, L. C. *et al.* Phytotoxicity indexes and removal of color, COD, phenols and ISA from pulp and paper mill wastewater post-treated by UV/H₂O₂ and photo-Fenton. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v 202, artigo 110939, 2020. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2020.110939.

NOGUEIRA, R. F. P. *et al.* Fundamentos e aplicações ambientais dos processos fenton e foto-fenton. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 400-408, 2007. DOI: 10.1590/S0100-40422007000200030.

QUEIROZ, M. T. A. *et al.* Reestruturação na forma do tratamento de efluentes têxteis: uma proposta embasada em fundamentos teóricos. **Gestão e Produção**, v. 26, n. 1, artigo e1149, 2019. DOI: 10.1590/0104-530X1149-19.

SANZ, J.; LOMBRAÑA, J. I.; LUIS, A. Estado del arte em la oxidación avanzada a afluentes industriales: nuevos desarrollos y futuras tendencias. **Afinidad: Revista de química teórica y aplicada**, v. 70, n. 561, p. 24-32, 2013.

SARANYA, D.; SHANTHAKUMAR, S. An integrated approach for tannery effluent treatment with ozonation and phytoremediation: A feasibility study. **Environmental Research**, v. 183, artigo 109163, 2020. DOI: 10.1016/j.envres.2020.109163.

SARTO, S. *et al.* Catalytic degradation of textile wastewater effluent by peroxide oxidation assisted by UV light irradiation. **Catalysts**, v. 9, n. 6, artigo 509, 2019. DOI: 10.3390/catal9060509.

SINGH, S. K.; MOODY, C. M.; TOWNSEND, T. G. Ozonation pretreatment for stabilized landfill leachate high-pressure membrane treatment. **Desalination**, v. 344, p. 163-170, 2014. DOI: 10.1016/j.desal.2014.03.011.

SOUZA, R. C. *et al.* Tratamento de efluentes de lavanderia hospitalar por processo oxidativo avançado: UV/H₂O₂. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 3, p. 601-611, 2019. DOI: 10.1590/S1413-41522019092923.

SUN, F. *et al.* A quantitative analysis of hydroxyl radical generation as H₂O₂ encounters siderite: Kinetics and effect of parameters. **Applied Geochemistry**, v. 126, artigo 104893, 2021. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2021.104893.

TEIXEIRA, C. P. A. B.; JARDIM, W. F. **Caderno temático: Processos oxidativos avançados – conceitos teóricos**. Vol. 3. Campinas: Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas, 2004.

TITCHOU, F. E. *et al.* An overview on the elimination of organic contaminants from aqueous systems using electrochemical advanced oxidation processes. **Journal of Water Process Engineering**, v. 41, artigo 102040, 2021. DOI: 10.1016/j.jwpe.2021.102040.

TREVIZANI, J. L. B. *et al.* Determinação da cinética de ozonização de efluente têxtil na remoção de cor e matéria orgânica. **Revista Matéria**, v. 24, n. 1, artigo 12331, 2019. DOI: 10.1590/S1517-707620190001.0613.

VON SONNTAG, C. The hydroxyl radical. In: VON SONNTAG, C. **Free-radical-induced DNA damage and its repair: a chemical perspective**. Berlim: Springer, 2006. DOI: 10.1007/3-540-30592-0_3.

WANG, F.; SMITH, D. W.; GAMAL EL-DIN, M. Application of advanced oxidation methods for landfill leachate treatment – a review. **Journal of Environmental Engineering and Science**, v. 2, n. 6, p. 413-427, 2003. DOI: 10.1139/s03-058.

ADVANCED OXIDATIVE PROCESSES FOR WASTEWATER TREATMENT

ABSTRACT - Wastewater treatment has been a challenge for decades. Among the treatment methods used can be cited biological processes, efficient for biodegradable effluents, physical-chemical processes, which involve contaminant phase transfer, and advanced oxidative processes (AOP), which promote total or partial mineralization of biodegradable organic compounds and refractories. AOP are characterized by the formation of hydroxyl radicals, highly oxidizing and non-selective, which promote successive oxidative reactions in organic compounds until they are transformed into CO_2 and H_2O . They have, among several advantages, the non-generation of solid by-products and the possibility of application in loco. Among the AOP techniques used for the treatment of wastewater, this chapter highlights the AOP $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ and ozonization, which are discussed in detail here.

KEYWORDS: AOP; Organic pollutant; Tertiary treatment; Reuse.

ROMPIMENTO DA ETE-LEI E A LAGOA DA CONCEIÇÃO: IMPACTOS AMBIENTAIS E O BIOMONITORAMENTO NA ÁREA DEGRADADA EM AMBIENTE URBANO

Caroline Voser Pereira Roschild

lattes.cnpq.br/2813008220838915

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre – RS

Dairana Misturini

lattes.cnpq.br/4543466146328893

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis – SC

Paulo Roberto Pagliosa Alves

lattes.cnpq.br/6235690302506735

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis – SC

Cristhiane Michiko Passos Okawa

lattes.cnpq.br/1268747202598728

Universidade Estadual de Maringá – UEM – Maringá - PR

RESUMO – A Lagoa da Conceição (Santa Catarina -BR) é uma laguna costeira, com área de 20,3 km², configurada em três setores, Norte, Sul, Centro, e canal que liga o setor central à Praia da Barra da Lagoa, desde 1980. Cada setor da lagoa possui características físico-químicas, sedimentares, biológicas e hidrodinâmicas distintas, o que

a torna um importante e valioso ecossistema de Florianópolis. A grande beleza cênica e riqueza cultural a tornaram um dos cartões postais da Ilha, gerando o aumento do turismo e crescimento populacional a partir da década de 80. Essa situação, concomitante ao precário sistema de tratamento de efluentes domésticos e a baixa hidrodinâmica de algumas áreas, vem gerando impactos ambientais. O presente capítulo irá apresentar um breve histórico da Lagoa da Conceição, seu adensamento populacional, a crise sanitária e fauna bioindicadora macrobentônica até o rompimento da ETE-LEI. Devido ao rompimento, diversas modificações negativas abruptas foram observadas, como modificações físico-químicas no sistema, morte e colonização de organismos oportunistas, ecotoxicidade e proliferação de algas potencialmente produtoras de toxinas. Por fim, sugere-se que seja promovida a recuperação da área degradada e convidamos o leitor a refletir e questionar quais as consequências a curto, médio e longo prazo da entrada de um aporte de 450-550 mil metros cúbicos de efluente tratado com altos níveis de nutrientes (N:P) em um ecossistema

semifechado lagunar localizado em ambiente urbano.

PALAVRAS-CHAVE: Biomonitoramento ambiental; Macrofauna bentônica; Gestão ambiental em cidades; Desastre ambiental e sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Caracterização da Lagoa da Conceição: Da Pesca artesanal ao Adensamento populacional

A Lagoa da Conceição, doravante denominada LC, situa-se em Florianópolis (Ilha de Santa Catarina - BR) nas coordenadas 27° 30 S e 48° 27 O, possui uma configuração alongada dividida em setor Sul, setor Central, setor Norte e Canal (ODEBRECHT; CARUSO-GOMES JR., 1987). Está ligada ao mar, permanentemente, desde 1980, por um canal, de baixa hidrodinâmica, que liga o setor central à Praia da Barra da Lagoa (CARUSO-JÚNIOR; MUEBE, 1989). É um importante ecossistema de Florianópolis em aspectos naturais, culturais e econômicos, sendo considerada um dos cartões postais da Ilha.

A partir do ano de 1751 surge a freguesia da Lagoa, um pequeno povoado estabelecido nas redondezas da recém-construída Igreja de Nossa Senhora da Conceição. As práticas econômicas locais eram pecuária e agricultura de subsistência, pesca artesanal e a fabricação de rendas e redes (VAZ, 2008). Estas atividades supriam apenas as necessidades de sobrevivência, porém no início do século XX passou a ser uma opção produtiva com a exploração comercial do peixe salgado e seco por parte dos pescadores (SIERRA-LEDO; SORIANO-SIERRA, 1999). A partir dos anos 80 muitos turistas chegaram, atraídos pela “Ilha da Magia”, surgindo então, novas atividades econômicas, como o turismo e a especulação imobiliária (SILVA, 2002). A pesca artesanal e a renda ainda vêm sendo praticadas pelas comunidades tradicionais, configurando uma importante resistência social para a manutenção do legado histórico e recreação (BASSO, 2016).

Ainda na década de 80, atraídos pela beleza cênica e qualidade de vida, a população de Florianópolis passou a crescer em taxas médias anuais maiores do que as de Santa Catarina (VAZ, 2008) e as do Brasil, possuindo, segundo estimativa do IBGE para 2021, 516.524 habitantes, número que pode dobrar em período de veraneio (SOUZA, 2020). A atividade turística teve um aumento potencial para as praias da orla do Norte da Ilha de Santa Catarina, mas esse aumento se tornou evidente em toda a ilha quando houve a ampliação e construção da Avenida Beira Mar Norte e Sul, e das pontes Pedro Ivo Campos e Colombo Salles facilitando o acesso dos turistas as demais praias (OURIQUES, 2007). Os balneários da Lagoa da Conceição e de Canasvieiras, neste período, eram os que recebiam o maior número de turistas, em função da estrutura, fazendo com que atualmente a LC seja classificada como o sétimo distrito mais povoado, com 11.811 habitantes

(SOUZA, 2020).

A conjuntura de crescimento populacional impulsionado pelo precário sistema de tratamento de efluentes domésticos e a baixa hidrodinâmica de algumas áreas, fazem com que a LC venha dando sinais de poluição. Estudos realizados desde 1977 têm constatado a situações de eutrofização, presença de zonas mortas (anóxicas), erosão, eventos de mortalidade, presença de bactérias termotolerantes, presença de metais pesados e floração de micro e macro algas, que se tornaram mais frequentes ao longo dos anos e evidenciaram a chegada de efluentes de fontes antropogênicas (ARCARI, 2016; BARROS *et al.*, 2017; CABRAL; BERCOVICH; FONSECA, 2019; FONSECA; BRAGA; EICHLER, 2002; FONSECA, 2004; FONTES *et al.*, 2011; MACHADO, 2019; PEREIRA, 2003; SILVA *et al.*, 2017)

1.2. Caracterização ambiental da Lagoa da Conceição

Situada na planície costeira e composta por sedimentos depositados no Quaternário, a LC foi formada por sucessivos processos regressivos e transgressivos do mar durante o Pleistoceno e Holoceno, que determinaram sua atual morfologia (CARUSO-JÚNIOR; MUEBE, 1989; ODEBRECHT; CARUSO-GOMES JR., 1987). Esta é uma laguna costeira sufocada ou de choque, formada por uma série de células elipsoides, alongadas com profundidade máxima de 8,89 m, e ligada ao oceano por um canal longo (2,8 km), meandrante, relativamente raso (6 m), cuja abertura foi intermitente até 1980 (AMÉRICO-JUNIOR, 2014; GODOY; FRANCO; MÁRIO, 2008; GRÉ; HORN FILHO, 1999). A bacia hidrográfica composta pela LC possui uma área total de 82,1 km², cujo o corpo lagunar ocupa 20,3 km² (SIERRA-LEDO; SORIANO-SIERRA, 1999).

A LC possui um regime astronômico de micromarés, mistas, ou seja, são dois picos diários, de amplitudes baixas e diferentes (GODOY, 2009). Desta forma, as marés dominantes são as meteorológicas forçadas pelos ventos dos quadrantes Norte (mais frequente) e Sul (mais intenso) durante as passagens de frentes frias, em especial nos setores Norte e Sul, que possuem menor influência do canal e as maiores pistas de vento (ANDRADE, 2001; GODOY, 2009). Devido às diferentes características morfológicas, entrada da cunha salina, influência fluvial e hidrodinâmica gerada por marés, ventos e diferença de densidade das águas, cada setor da LC possui características únicas. Por esta razão vamos apresentar as características abióticas de cada setor separadamente na tabela 1 e discorrer algumas características nos próximos parágrafos.

O setor Norte tem como característica principal, grandes teores de matéria orgânica (Tabela 1) e a presença dos dois principais afluentes da LC os rios João Gualberto, com vazão de 1 m³/s, e Rio Vermelho, que totalizam uma contribuição hidrológica de 24% (BIER, 2013; DUTRA, 1990; MARTINS, 2016; SOUZA, 2004). Estes rios atravessam bairros em franca expansão

populacional e com estrutura sanitária precária, logo, são verificadas altas concentrações de N-amoniaco e de NO_3 nas regiões rasas e profundas e grande carga de *Escherichia coli* (ARCARI, 2016; FONSECA, 2004; SILVA *et al.*, 2017). O setor Central abriga os bairros mais populosos e a região comercial da LC, além disso recebe a intrusão de água salina do oceano através do canal. A presença da intrusão salina, de grandes quantidades de nutrientes dissolvidos e dos processos de metabolização da matéria orgânica podem contribuir para a formação de zonas anóxicas a partir de 3 m de profundidade (BARROS *et al.*, 2017; CABRAL; BERCOVICH; FONSECA, 2019). Esta região foi a primeira a ser colonizada e sofre um processo de intensa urbanização, logo, sofre efeito histórico da poluição por efluentes domésticos provenientes de tratamento inadequado ou ausente gerando altas cargas de coliformes termotolerantes e nutrientes (ARCARI, 2016; CABRAL; BERCOVICH; FONSECA, 2019; FONSECA, 2004). O setor Sul está ligado ao central por um canal de 3 m de largura, possui a menor troca de água, a menor hidrodinâmica e grande urbanização (FONSECA, 2004). As características desta região torna-a propícia à hipertrofia trófica e a frequentes florações de macroalgas, fito e bactérias planctônicas (FONTES *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2017).

Tabela 1: Características ambientais dos setores da Lagoa da Conceição de acordo com a bibliografia citada no texto

	Setor			
	Norte	Sul	Central	Canal
Coordenada Central (WGS 84)	27°33'53.10"S/ 48°27'12.41"O	27°37'3.96"S/ 48°28'15.88"O	27°35'57.82"S/ 48°27'5.34"O	27°34'42.65"S/ 48°25'49.18"O
Área (Km²)	10	3	7	0.20
Sub-bacias	15	8	10	3
Categoria de Urbanização	Média	Alta	Média	Alta
Unidade de Conservação/ Áreas Protegidas	Parque Estadual do Rio Vermelho	Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição,	Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, Área Tombada da Região da Costa da Lagoa da Conceição	Área Tombada Dunas da Barra da Lagoa

Hidrodinâmica	Região de mistura com influência dos principais tributários da LC	Região confinada com tempo de residência de água de 20 dias.	Região de mistura e maior frequência de formação de vórtices	Alta hidrodinâmica influenciada pelos períodos de enchente e vazante das marés semi-diurnas.
Granulometria	Areia Fina/ Silte/Argila	Areia Fina/ Cascalho	Areia Fina/ Silte	Areia Média/ Fina
Matéria Orgânica	5-35	2.4	2.1	0.8
Secchi médio (m)	2.5	2.25	2.5	2
Salinidade média	24	15.5	28	29
Temperatura média (°C)	25	21.5	23	20.5
Profundidade máxima (m)	8.7	5	5	8.9
Estratificação		Salina	Térmica, salina	Térmica, salina
N:P médio (µM)	23	23.5	16	4
pH médio	7.5	8	7.5	8
Oxigênio Dissolvido Médio (mg/L)	7	7	5	7.5
Zona Morta	Verão			
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 ml)	1.02E+03	3.95E+03	8.54E+03	

1.3. BIOMONITORAMENTO POR MEIO DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS

1.3.1.Caracterização da Fauna Macro bentônica

As comunidades bentônicas apresentam grande importância quando se diz respeito à compreensão das estruturas ambientais de regiões de ambientes hidricos, pelo seu potencial bioecológico e econômico, em regiões estuarinas ela é muito utilizada como indicadora de integridade ambiental dos ecossistemas e entender essa caracterização traz potencial de preservação e conservação (WALLACE, 2007). A análise de espécies da

macrofauna bentônica nas várias regiões brasileiras permite o conhecimento da biodiversidade local e regional e a avaliação das similaridades específicas entre essas regiões (LANA; BERNARDINO, 2018). A caracterização da comunidade de macrofauna também pode sugerir formas sustentáveis de exploração e manejo adequado de determinada espécie de interesse econômico ou mesmo de uma espécie dominante já explorada comercialmente na costa brasileira.

São chamados de organismos bentônicos aqueles animais ou vegetais que vivem associados a algum tipo de substrato marinho ou límnicos. Algumas classificações são normalmente aplicadas para segregar os organismos zoobentônicos. A primeira delas refere-se aos hábitos em relação ao substrato, logo organismos epifaunais são os que vivem sobre o substrato e infaunais são os organismos que vivem dentro do substrato ou entre grãos. A segunda classificação refere-se ao tamanho da malha do aparato amostral em que o organismo ficou retido, logo chamamos de microbentos os organismos menores que 0,63 mm, meio fauna os organismos entre 0,63 e 0,5 mm e macrofauna os organismos maiores que 0,5-1,0 mm (WILSON; FLEEGER, 2012; KENNISH, 2016). Porém esta última classificação vem sendo cautelosamente revista, dadas às variações nos tamanhos corporais de acordo com a qualidade do alimento e latitude (MAZURKIEWICZ *et al.*, 2020; WARWICK; CLARKE, 1984). Outra questão refere-se à mobilidade dos organismos, eles podem ser sésseis ou fixos e errantes ou móveis.

A macrofauna bentônica da LC atraiu pesquisadores como Fritz Müller, desde os anos 1800, a exemplo da descrição do poliqueta *Sigambra grubii* (MÜLLER, 1858). De lá para cá foram desenvolvidos vários estudos específicos sobre indivíduos ou populações bentônicas de substrato mole e de substrato duro. O levantamento de dados pretéritos indica que, até o presente momento, foram realizados cinco estudos sobre as comunidades bêmicas macrofaunais (PEREIRA, 2003; SILVA, 2004; SOUZA, 2004; PAGLIOSA *et al.*, 2012; TEIVE, 2013). Estes estudos registraram 81 taxa característicos de ambientes estuarinos. A combinação entre fatores químicos e físicos, que provocam a estratificação e compartimentação da LC e causam modificações nas características dos sedimentos e nos teores de matéria orgânica, são apontados como os principais responsáveis pela estruturação das assembleias macrofaunais (SOUZA, 2004).

1.3.2 Macroinvertebrados bentônicos: padrões de distribuição, diversidade, abundância e consequências do rompimento

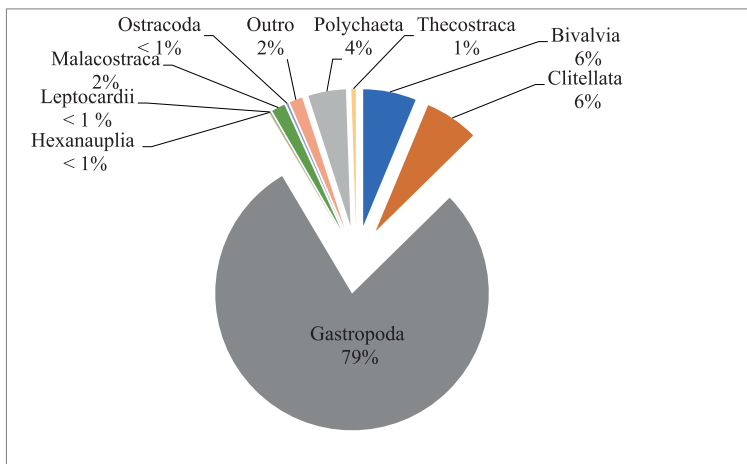
A macrofauna bentônica da Lagoa da Conceição pode ser afetada por perturbações nos substratos, naturais ou antrópicas, pois se distribui, verticalmente, na camada oxigenada dos sedimentos, ou seja, nos primeiros cinco cm (SILVA, 2004). As maiores densidades e diversidade encontram-se em locais rasos com destaque para substratos mais complexos com a presença de gramas marinhas, macroalgas, vegetação de marismas e até

mesmo substratos artificiais, como poitas e piers. Períodos e locais mais salinos, também, são responsáveis pelas maiores densidades e diversidade, por favorecer o recrutamento de espécies marinhas (ROSA; BEMVENUTI, 2006). Desta forma o canal e a região Central apresentam as maiores riquezas, já a região Sul e Norte as menores (PAGLIOSA *et al.*, 2012; SOUZA, 2004) com 24 a 52 *táxon* registrados. Para a abundância de organismos, a região Sul e canal são mais abundantes enquanto as regiões Centrais e Norte são menos abundantes (PAGLIOSA *et al.*, 2012; SOUZA, 2004).

O macrobentos da região Sul da Lagoa da Conceição, um local mais abrigado com maiores teores de sedimentos finos e presença de fundos vegetados, apresenta variações sazonais e de acordo com o gradiente de profundidade (SOUZA, 2004). Dentre os organismos presentes encontram-se os Amphipoda Gammaridea e os Polychaeta Serpulidae. Os pequenos crustáceos são encontrados em abundância em regiões do entre marés, associados com macroalgas incrustadas em rochas. Possuem atributos morfológicos e comportamentais, que correspondem ao habitat onde vivem, e possuem hábitos alimentares que variam do detritívoro, ao pastador e filtrador (STEELE, 1988). A região Sul também é caracterizada pela presença de Anelídeos Oligochaeta Tubificinae, comuns em ambientes estuarinos (BRINKHURST, 1964), um dos grupos faunais mais frequente na LC.

As assembleias macrozoobentonicas da região Norte são mais influenciadas pela distribuição espacial de pequena escala, entre áreas rasas e profundas, do que pelas variações ao longo do ano (SOUZA, 2004). Está marcada variação pode ter relação com os altos teores de matéria orgânica, a presença de sedimentos mais finos e, principalmente, pela hipóxia ou anoxia das zonas profundas, que gera densidades de organismos quase nulas (FONSECA, 2004; SOUZA, 2004). Os altos teores de matéria orgânica, na região norte, estão entre as variáveis responsáveis pelas estruturas das assembleias caracterizadas pelas elevadas abundâncias de organismos detritívoros. Na Figura 1, observa-se que o *táxon* mais abundante e frequente em todas as regiões da Lagoa é dos gastrópodes, 79%, com destaque para o gênero *Heleobia* sp., um epifaunal, oportunista, com grande plasticidade alimentar, mas com frequente hábito detritívoro que se destaca na região (LANA, 1986; NEVES *et al.*, 2013). O bivalve berbigão *Anomalocardia brasiliiana*, uma iguaria da culinária típica, e outro dos detritívoros abundantes no setor Norte, este pertencente à segunda classe mais frequente na Lagoa da Conceição dos Bivalvia (6%) e é frequentemente associado às pradarias de *Halodule wrightii* e *Ruppia maritima* próximas a entrada do Canal da Barra (BERCOVICH, 2021).

Figura 1: Porcentagem dos táxons encontrados em todas as regiões na Lagoa da Conceição



As assembleias bentônicas da região Central da LC variam, tanto no tempo quanto no espaço, de acordo com o gradiente de profundidade. Em regiões rasas, no período de verão, observa-se maior abundância de *Heleobia australis* e *Capitella nonatoi*, associada à entrada de matéria orgânica no sistema. *C. nonai* são Polychaeta comedores de depósitos, oportunistas, de rápida colonização e grande capacidade de escavação, além de tolerantes à movimentação do substrato (DAUER, 1984). Estes organismos são presos para os Polychaeta *Sigambra grubii*, *Glycinde multidentis* e Nereididae *Perinereis* sp. e *Allitta succinea*, os quais aumentam suas densidades concomitante ao crescimento das populações dos Capitellidae (SILVA, 2004; SOUZA, 2004). Os Polychaeta constituem o quarto grupo mais frequente na Lagoa da Conceição (Figura 1). Na área profunda, no período de verão, é possível observar a redução dos Capitellidae e a dominância de Bivalves (SOUZA, 2004). No período de inverno há a troca das dominâncias entre ambientes rasos e profundos e ocorre o oposto do visto no verão (SOUZA, 2004).

Na região do Canal da Barra, onde a salinidade é mais elevada, apesar das variações, há maior quantidade de substratos de fixação e observa-se grande abundância dos Crustacea Gammaridea e Cerripédia, do Bivalve *Brachidontes darwinianus* e dos Gastropoda *Nassarius albus*, *Cerithium atratum* e da família Lottiidae (NETTO *et al.*, 2018; PAGLIOSA *et al.*, 2012). A presença dos piers nesse local influencia nos atributos funcionais e hábitos dos organismos presentes, porém, parecem ter influência negativa nos organismos da base da cadeia alimentar, podendo causar um controle *bottom-up* (de baixo para cima).

1.3.3 A fauna bioindicadora e o rompimento da ETE – LEI na Lagoa da Conceição

A entrada clandestina de efluentes domésticos na Lagoa é um problema, porém tem sido verificada recorrentemente a entrada de efluentes domésticos provenientes de danos estruturais na rede de saneamento. No dia 19 de maio de 2020 foi detectada a presença abundante de espuma com coloração amarronzada e odor sobre as águas dos setores Central e Sul da LC. A equipe de fiscalização da Fundação Municipal do Meio Ambiente de Florianópolis – FLORAM detectou, em vistoria, que a origem era a rede coletora de esgotos com vazamento. A prefeitura multou a empresa responsável (Companhia Catarinense de Águas e Saneamento – CASAN) em um milhão de reais e deu um prazo de 15 dias para a limpeza da área atingida e o estancamento do extravaso (FLORAM, 2021a). Neste evento o Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina – IMA confirma a presença de efluentes domésticos nas porções Central e Sul da LC através da presença de coliformes fecais e teores de nitrogênio total e surfactantes superiores aos permitidos pela Resolução CONAMA 274/00, para águas salobras Classe I (IMA, 2020).

Entre os dias 17 a 25 de janeiro de 2021 a cidade de Florianópolis registrou recordes de chuva com precipitação média entre 200 e 250 mm, fazendo deste o janeiro mais chuvoso dos últimos três anos (CIRAM/EPAGRI, 2021). Como consequência a defesa civil registrou 30 ocorrências de deslizamentos e alagamentos entre elas estava o rompimento da Lagoa de Evapoinfiltração (LEI) da Estação de Tratamento de Esgoto – ETE Lagoa da Conceição. Um conjunto de fatores propiciou o deslizamento do talude que continha a LEI, dentre eles o encharcamento do solo e a sobrecarga do reservatório. O rompimento ocorreu por volta de 5h, desabrigando 66 famílias, mais de 150 pessoas. Como resultado houve a formação de um baixio de aproximadamente 5.027 m² e da entrada de mais de 500 mil litros de efluente tratado no sistema da LC, que em geral é enriquecido de nutrientes, possui alto teor de matéria orgânica, além de valores desconhecidos de hormônios, metais traço, microplásticos e agentes patogênicos (KELLER *et al.*, 2014).

Dentre os primeiros distúrbios para a fauna da lagoa pode-se citar o estresse osmótico gerado pela entrada de grande aporte de água doce e o soterramento pela deposição de sedimentos carregado das dunas e material do fundo da LEI. O estresse osmótico tem como consequência nas comunidades redução de abundância e diversidade, logo a salinidade é um forte estruturador das comunidades bentônicas de ambientes salobros podendo gerar trocas na dominância dos organismos (OBOLEWSKI *et al.*, 2018). Isso ocorre pela mudança na concentração de íons e consequente troca de água entre o corpo dos organismos e o meio aquático (UWADIAE, 2010). Porém estas variações têm como consequência distúrbios metabólicos e eventual morte. Principalmente para a macrofauna benthica, a deposição de grandes aportes de sedimento é nociva, pois soterra e sufoca os organismos,

que mesmo móveis, não possuem motilidade suficiente para empreender fugas ou escavar até a superfície (LOHRER *et al.*, 2006). Além disso, pela mudança nos substratos a recolonização torna-se mais lenta, mesmo que realizada por jovens e adultos deslocados por eventos estocásticos (NORKKO *et al.*, 2002). Todavia, um fato que agrega os dois tipos de impactos sobre os bentos é o seu potencial para causar alterações na estrutura da comunidade biológica. Isso se dá devido à possibilidade de organismos mais tolerantes e resilientes possuírem maior capacidade de aproveitar os recursos gerados pelos eventos, tornando-se dominantes durante um determinado período ou permanentemente.

Nos dias que seguiram o impacto, em uma LC que já apresenta sinais de eutrofização e um equilíbrio tênue (FONSECA, 2004; SILVA *et al.*, 2017), diversas consequências da entrada do efluente começaram a surgir. Durante o período de 26 de janeiro a 2 de fevereiro o IMA caracterizou a condição de balneabilidade das águas como impróprias, porém, a partir de 9 de fevereiro a condição passou a ser própria para banho, causando divergências com os pesquisadores que emitiram nota técnica sugerindo a avaliação de parâmetros acessórios (IMA, 2021; PES, 2021a). Nos dias que sucederam o desastre, detritos de construção e restos vegetais acumularam-se de forma abundante nas margens e sedimentos passaram a se depositar sobre elas. A água apresentou coloração aparente e alta turbidez, formação de biofilme e floração de microalgas. As taxas de oxigênio dissolvido nas águas foram reduzidas em virtude do derrame (PES, 2010). No dia 22 de fevereiro a região norte da LC apresentou águas escuras, com mau cheiro e mortandade em massa de organismos (FLORAM, 2021b; PES, 2021b). Em março, moradores relataram a presença de coloração e espuma nas águas, que tiveram como origem uma floração da alga potencialmente produtora de toxinas, *Fibrocapsa japonica* (PES, 2021c).

Entre os meses de junho e julho voltaram a ocorrer grandes volumes de chuvas. Na eminência de uma nova ruptura do talude, agora criado com sacos de areia, a empresa responsável passou a drenar parte do efluente para as dunas dentro do Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, criado em 5 de junho de 2018 (PREFEITURA DE FLORIANÓPOLIS, 2018). Passados seis meses a LC ainda mostra os agravos do desastre como detritos sobrepostos por sedimentos, a presença do baixio agora vegetado por gramíneas terrestres, a constante entrada de água doce no sistema via emissários colocados no local e a presença de indicadores biológicos de efluentes domésticos. Para os organismos bentônicos foi possível observar a abundante presença de organismos de água doce, como larvas de Chironomidae. Em geral, os organismos detritívoros foram beneficiados após o desastre, tanto pelas características dos resíduos de efluente, altamente enriquecido de matéria orgânica, como pela constante recarga de detritos provenientes da drenagem pluvial. Esta habilidade em aproveitar os alimentos disponíveis, seja por aclimação e/ou

plasticidade alimentar, pode ser evidenciada pela presença de organismos, como, por exemplo, do gênero *Heleobia* (gastropoda) e da família *Spionidae* (poliqueta) (DAUER, 1985; LANA, 1986). Convém ressaltar que o aumento da abundância destes organismos também acarretou o aumento da abundância de predadores das famílias *Nereididae* e *Pilargidae* (poliqueta). Essa situação se manteve por, pelo menos, os seis primeiros meses após o deságue dos efluentes na LC. A partir desse período, o poliqueta *Ficopomatus enigmaticus* (poliqueta *Serpulidae*) passou a ser observado associado a substratos duros em todas as regiões da LC. A continuidade do biomonitoramento poderá esclarecer se essa espécie foi um visitante temporário no sistema ou se estabelecerá no local, como um potencial invasor, que poderá causar significativos danos à infraestrutura e às embarcações locais.

AGRADECIMENTOS

Este capítulo foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001; agradecemos também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE N°. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

Agradecemos ainda ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e ao Núcleo de Estudos do Mar (NEMAR) da Universidade Federal de Santa Catarina pelo apoio na obtenção dos dados e por monitorar a Lagoa da Conceição. E ao programa Ecoando Sustentabilidade, ao CCB-UFSC, pela divulgação dos relatórios ambientais.

REFERÊNCIAS

AMARAL, A. C. Z.; NONATO, E. F. **Anelídeos poliquetos da costa brasileira**. Consel. Nal. Desenvol. Cient. Tecnol. Brasília, 1984.

BARROS, T. L. et al. **Testing biomarker feasibility: a case study of *Laeonereis culveri* (Nereididae, Annelida) exposed to sewage contamination in a subtropical estuary**. Environmental Science and Pollution Research, v. 25, n. 24, p. 24181–24191, 2018.

BERCOVICH, M. V. **Comunicação Pessoal**, 2021.

BRANCO, J. O.; AVILAR, M. G. **Fecundidade em *Callinectes danae* Smith (Decapoda, Portunidae) da lagoa da Conceição, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil**. Revista Brasileira de Zoologia, v. 9, p. 175–180, 1992.

BRANCO, J. O.; VERANI, J. R. **Estudo populacional do camarão-rosa *Penaeus Paulensis* Pérez farfante (natantia, penaeidae) na Lagoa da Conceição, Santa Catarina, Brasil**. Revista Brasileira de Zoologia, v. 15, n. 2, p. 353–364, 1998.

BRINKHURST, R. O. **Observations on the biology of the Tubificidae (Oligochaeta).** SIL Proceedings, 1922-2010, v. 15, n. 2, p. 855–863, fev. 1964.

DAUER, D. M. **High resilience to disturbance of an estuarine polychaete community.** Bulletin of Marine Science, v. 34, n. 1, p. 170–174, 1984.

FONSECA, A. L. **Variação Sazonal e Espacial das Características Hidroquímicas, dos Fluxos de Nutrientes e do Metabolismo na Interface Água-Sedimento da Lagoa da Conceição (SC, Brasil).** [s.l.] UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2004.

KELLER, V. D. J. et al. **Worldwide estimation of river concentrations of any chemical originating from sewage-treatment plants using dilution factors.** Environmental Toxicology and Chemistry, v. 33, n. 2, p. 447–452, 2014.

KENNISH MJ. **Encyclopedia of estuaries.** Springer, Dordrecht. 2016.

LANA, P. C. **Macrofauna bêmica de fundos sublitorais não consolidados da Baía de Paranaguá.** Nerítica, v. 1, n. 3, p. 79–89, 1986.

LANA, P.C; BERNARDINO, A.F. **Benthic Estuarine Assemblages from the Southern Brazilian Marine Ecoregion.** In: **Brazilian Marine Biodiversity.** 1ed.: Springer International Publishing, 2018, v. 1, 212p. 2018.

LÜCHMANN, K. H.; BIOMARCADORES, A. D. E.; EM, B. **avaliação de biomarcadores bioquímicos em camarão-rosa.** Universidade federal de santa catarina programa de pós-graduação em biotecnologia karim hahn lüchmann. 2005.

MAZURKIEWICZ, M. et al. **Latitudinal consistency of biomass size spectra - benthic resilience despite environmental, taxonomic, and functional trait variability.** Scientific Reports, v. 10, n. 1, p. 1–12, 2020.

MÜLLER, F. **Einiges über die Annelidenfauna der Insel Santa Catharina an der brasilianischen Küste.** Archiv für Naturgeschichte, v. 24, n. 1, p. 211–220, 1858.

NETTO, S. A. et al. **Brazilian Estuaries.** [s.l: s.n.].

NEVES, R. A. F. et al. **Factors influencing spatial patterns of molluscs in a eutrophic tropical bay.** Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, v. 93, n. 3, p. 577–589, 21 Maio 2013.

PAGLIOSA, P. R. et al. **Influence of piers on functional groups of benthic primary producers and consumers in the channel of a subtropical coastal lagoon.** Brazilian Journal of Oceanography, v. 60, n. 1, p. 65–73, 2012.

PEREIRA, N. C. **Diagnóstico ambiental da Lagoa da Conceição utilizando o berbigão *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) como bioindicador de poluição aquática.** [s.l.] Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

ROSA, L. C.; BEMVENUTI, C. E. **Temporal variability of the estuarine macrofauna**

of the Patos Lagoon, Brazil. Revista de biología marina y oceanografía, v. 41, n. 1, p. 1–9, jul. 2006.

SILVA, P. DE S. R. DA. **Influência de Diferentes Escalas de Perturbação Física no Sedimento Sobre a Macrofauna Bêntica da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina – SC.** [s.l.] Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

SOUZA, R. S. DE. **Variação Espaço-Temporal das Associações Bênticas Macrofaunais da Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC.** [s.l.] Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

STEELE, D. H. **What Is the Amphipod Lifestyle?** Crustaceana. Supplement, n. 13, p. 134–142, 20 ago. 1988.

TEIVE, L. F. **A influência de fatores locais e regionais na dinâmica de estruturação de metacomunidades bênticas de sistemas costeiros do sul do Brasil.** [s.l.] Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.

WARWICK, R. M.; CLARKE, K. R. **Species size distributions in marine benthic communities.** Oecologia, v. 61, n. 1, p. 32–41, jan. 1984.

WILSON, J. G.; FLEEEGER, J. W. **Estuarine Benthos.** In: Estuarine Ecology. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2012. p. 303–325.

ZULKOSKY, A. M.; FERGUSON, P. L.; MCELROY, A. E. **Effects of sewage-impacted sediment on reproduction in the benthic crustacean *Leptocheirus plumulosus*.** v. 54, p. 615–619, 2002.

BERTOL, I. et al. **Perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica em um Inceptisol sob chuva natural.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 28, n. 3, p. 485–494, 2004.

FONSECA, A.; BRAGA, E. S. **Temporal dynamic of the dissolved nutrients and the eutrophization processes in a southern Brazilian coastal lagoon, Conceição Lagoon.** Journal of Coastal Research, p. 1229–1233, 2006.

FONSECA, Alessandra Larissa D'oliveira. **As Lagunas e Lagoas Costeiras de Santa Catarina.** In: SORIANO-SIERRA, Eduardo Juan; RIBEIRO, Gisela Costa; FONSECA, Alessandra Larissa D'oliveira. **Guia de campo vegetação e peixes das lagoas costeiras de Santa Catarina.** Florianópolis: Insular, 2014. Cap. 1. p. 11–30.

FONSECA, Alessandra. **Efeito da drenagem urbana nas características físico-químicas e biológicas da água superficial na Lagoa da Conceição (Florianópolis, SC, Brasil).** Biotemas, v. 19, n. 2, p. 7–16, 2006.

FONSECA, Alessandra; BRAGA, Elisabete S.; EICHLER, BEATRIZ B. **Distribuição espacial dos nutrientes inorgânicos dissolvidos e da biomassa fitoplanctônica no sistema pelágico da Lagoa da Conceição, Santa Catarina, Brasil.** Atlântica, Rio Grande, v. 24, n. 2, p. 69–83, 2002.

JÚNIOR, Francisco Caruso; MUEBE, Dieter. **Batimetria e algumas considerações sobre a evolução geológica da Lagoa da Conceição-ilha de Santa Catarina.** Geosul, v. 4, n. 7, p. 32-44, 1989.

KNOPPERS, B. A. et al. **The spatial distribution of particulate organic matter and some physical and chemical water properties in Conceição lagoon, Santa Catarina, Brazil physical property, chemical property, water, organic matter.** Arquivos de Biologia e Tecnologia, 1984.

KNOPPERS, Bastiaan. **Aquatic primary production in coastal lagoons.** Elsevier Oceanography Series, v. 60, p. 243-286, 1994.

MAROTTA, Humberto; PINHO, Luana; PRAST, Alex Enrich. **Relação positiva entre pluviosidade, carbono orgânico dissolvido e a supersaturação de CO₂ em uma lagoa costeira tropical.** Oecologia Brasiliensis, v. 12, n. 1, p. 10, 2008.

PEREIRA, Mário Luiz Martins et al. **Estudo da dinâmica das águas do Canal da Barra-Barra da Lagoa-Florianópolis/SC.** 2004.

PERSICH, G. R. **Parâmetros Físico-químicos, Seston e Clorofila-a na Lagoa da Conceição. SC Florianópolis, Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina, Specialization report, 34p, 1990.**

SUZUKI, M. S.; OVALLE, A. R. C.; PEREIRA, E. A. **Effects of sand bar openings on some limnological variables in a hypertrophic tropical coastal lagoon of Brazil.** Hydrobiologia, v. 368, n. 1-3, p. 111-122, 1998.

VAZ, Marcelo Cabral. **Lagoa da Conceição: a metamorfose de uma paisagem.** Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-graduação em Urbanismo, História e Arquitetura da Cidade. 2008

CIRAM/EPAGRI. **Nota Meteorologica 26/01/2021: Chuva de um mês ocorre em um único dia em Florianópolis.** Disponível em: <<https://groups.google.com/a/epagri.sc.gov.br/g/notamet/c/sfczoxvuMHw>>. Acesso em: 22 jul. 2021.

DAUER, D. M. **Functional morphology and feeding behavior of Paraprionospio pinnata (Polychaeta: Spionidae).** Marine Biology, v. 85, n. 2, p. 143–151, 1985.

FLORAM a. **Prefeitura identifica vazamento de rede de esgoto na Lagoa da Conceição.** Disponível em: <<https://www.pmf.sc.gov.br/entidades/floram/index.php?pagina=notpagina¬i=22361>>. Acesso em: 22 jul. 2021a.

FLORAM b. **PARECER TÉCNICO No 116/2021-DILIC.** Florianópolis: [s.n.].

FONSECA, A. **Variação sazonal e espacial das características hidroquímicas, dos fluxos de nutrientes e do metabolismo na interface água-sedimento da lagoa da conceição (sc, brasil).** [s.l.] UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2004.

FONSECA, A.; BRAGA, E. S.; PAULO, U. D. S. **Temporal Dynamic of the Dissolved**

Nutrients and the Eutrophization Processes in a Southern Brazilian Coastal Lagoon, Conceição Lagoon Author (s): A. Fonseca and E. S. Braga Source: Journal of Coastal Research, Special Issue No. 39. Proceedings of the **Journal of Coastal Research**, n. 39, p. 1229–1233, 2006.

IMA. **Informação Técnica IMA/DIEA nº 4/2020: Monitoramento Ambiental da Lagoa da Conceição**. Florianópolis: [s.n.]. Disponível em: <<https://www.ima.sc.gov.br/images/lagoa.pdf>>.

IMA. **Relatório de Balneabilidade da Água**. Florianópolis: [s.n.]. Disponível em: <abilidade.ima.sc.gov.br/relatorio/historico>.

KELLER, V. D. J. et al. **Worldwide estimation of river concentrations of any chemical originating from sewage-treatment plants using dilution factors**. Environmental Toxicology and Chemistry, v. 33, n. 2, p. 447–452, 2014.

LANA, P. C. **Macrofauna benthica de fundos sublitorais não consolidados da Baía de Paranaguá**. Nerítica, v. 1, n. 3, p. 79–89, 1986.

LOHRER, A. et al. **Deposition of terrigenous sediment on subtidal marine macrobenthos: response of two contrasting community types**. Marine Ecology Progress Series, v. 307, p. 115–125, 24 jan. 2006.

NORKKO, A. et al. **Smothering of estuarine sandflats by terrigenous clay: The role of wind-wave disturbance and bioturbation in site-dependent macrofaunal recovery**. Marine Ecology Progress Series, v. 234, p. 23–41, 2002.

OBOLEWSKI, K. et al. **Patterns of salinity regime in coastal lakes based on structure of benthic invertebrates**. PLOS ONE, v. 13, n. 11, p. e0207825, 26 nov. 2018.

PES. **Os primeiros 15 dias após o Rompimento da Barragem da LEI-CASAN**. Florianópolis: [s.n.].

PES. **Nota Técnica Sobre a Análise de Balneabilidade Realizada Pelo IMA**. FLORIANÓPOLIS: [s.n.]. Disponível em: <https://noticias.paginas.ufsc.br/files/2021/02/NotaTecnica_Balneabilidade09_02.pdf>.

PES. **Mortandade de organismos e cheiro de água podre na Lagoa da Conceição** Florianópolis, 2021b.

PES. **Descoloração da água e estratégias de recuperação da Lagoa da Conceição**. Florianópolis Programa Ecoando Sustentabilidade - Universidade Federal de Santa Catarina, 2021c. Disponível em: <https://noticias.paginas.ufsc.br/files/2021/03/PES4_2021_Descoloração-e-Manchas-na-Água-revisada-final.pdf>

PREFEITURA DE FLORIANÓPOLIS. **Dispõe Sobre A Criação Da Unidade De Conservação Parque Natural Municipal Das Dunas Da Lagoa Da Conceição**. 2018.

SILVA, V. E. C. et al. **Space time evolution of the trophic state of a subtropical lagoon: Lagoa da Conceição, Florianópolis Island of Santa Catarina, Brazil.** RBRH, v. 22, n. 0, 2017.

UWADIAE, R. E. **An inventory of the benthic macrofauna of epe lagoon, south-west nigeria.** Journal of Sci. Res. Dev. 2010, v. 12, n. 12, p. 161–171, 2010.

BREAKDOWN OF ETE-LEI AND LAGOA DA CONCEIÇÃO: ENVIRONMENTAL IMPACTS AND BIOMONITORING IN THE DEGRADED AREA IN AN URBAN ENVIRONMENT

ABSTRACT – Lagoa da Conceição (Santa Catarina -BR) is a coastal lagoon, with an area of 20.3 km², configured in three sectors, North, South, Center, and a channel that connects the central sector to Praia da Barra da Lagoa, since 1980. Each sector of the lake has distinct physicochemical, sedimentary, biological, and hydrodynamic characteristics, making it an important and valuable ecosystem in Florianópolis. The great scenic beauty and cultural richness made it one of the postcards of the island, generating an increase in tourism and population growth from the 1980s onwards. This situation, together with the precarious system of domestic effluent treatment and the low hydrodynamics of some areas, has been generating environmental impacts. This chapter will present a brief history of Lagoa da Conceição, its population density, the health crisis and macrobenthic bioindicator fauna until the collapse of the ETE-LEI. Due to the disruption, several abrupt negative changes were observed, such as physicochemical changes in the system, death, and colonization of opportunistic organisms, ecotoxicity and proliferation of potentially toxin-producing algae. Finally, it is suggested that the recovery of the degraded area be promoted, and we invite the reader to reflect and question the consequences in the short, medium and long term of the input of an input of 450-550 thousand cubic meters of effluent treated at high levels of nutrients (N:P) in a semi-enclosed lagoon ecosystem located in an urban environment.

KEYWORDS: Environmental biomonitoring; Benthic macrofauna; Environmental management in cities; Environmental disaster; And sustainability.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abstração 75, 76, 78
Abundância 93-96, 98
Acessórios 97
Adensamento 88, 89
Adição 75, 78
Agricultura 14, 85, 89
Água 9, 11-18, 21, 22, 25, 27-30, 36, 37, 44-46, 49, 51, 52, 59, 75-77, 79, 83, 90-92, 96, 97, 99-102, 107
Alagadiças 29
Alocação 38, 39
Ambiental 15, 17, 18, 20-25, 28, 31, 36, 37, 39, 45, 48-50, 53-62, 65, 68-71, 74, 83, 84, 86, 89, 90, 92, 99, 102, 107
Antropologia 22
Aplicações 17, 21, 22, 64, 67, 79, 82, 83, 85, 86
Áreas 13-16, 21-23, 25, 26, 28, 29, 36, 40, 49, 59, 64, 66-72, 88, 90, 91, 94, 103, 107
Artesanal 89
Assoreamento 16, 49
Aterros 36, 38, 52, 55, 59
Atitudes 37, 57, 58
Átomo 76, 78, 80, 81
Autonomia 34, 35
Auxílio 30, 65
Avançados 9, 10, 61, 74, 77, 83, 84, 86

B

Baratas 49
Básico 9, 10, 25, 27, 33-35, 37,

40-47, 52, 57, 70
Bentônica 93, 95, 96
Biomonitoramento 9, 10, 88, 89, 92, 98
Bueiro 49
Burocracia 39

C

Cabeceiras 13
Cidades 9, 10, 20-31, 36, 37, 42, 48, 49, 53, 64, 65, 67, 89, 107
Civil 25, 31, 41, 43, 47, 52, 96, 107
Climáticos 21
Cólera 49
Comerciais 29, 52, 66
Compartilhada 33-36, 55, 58, 60-62
Computacionais 15, 66
Conceição 10, 70, 88-91, 93-103
Confederação 34, 36, 46
Consórcios 34-36, 38-47
Contas 41, 47
Cooperação 34, 35, 38, 40, 41, 43
Coordenada 67, 89, 91
Córregos 21, 49,
Covid-19 69, 70
Custos 16, 35, 36, 49, 52, 53, 56, 59, 65, 66, 79

D

Degradada 10, 88
Desafios 9, 30, 37, 38, 40, 48, 49, 52, 60, 61
Descarte 50, 52, 53, 56
Desenvolvimento 9, 12-14, 20-24, 26, 27, 30, 31, 33, 40-42, 48, 49,

52, 53, 55, 60, 62, 65, 66

Deslizamentos 21, 96

Desmembramento 29

Destinação 36, 39, 50, 53-55

Dificuldade 35, 36, 38, 40, 52, 59

Dinâmica 9, 11-13, 15, 16, 18, 21, 68, 100, 101

Diretor 20, 23-27, 29, 31, 42, 46, 47, 107

Diversidade 13, 27, 58, 93, 94, 96

Doenças 49

Domiciliares 51

Drenagem 11-13, 15, 16, 20, 23, 27-29, 38, 45, 69, 97, 100

E

Ecológicos 50, 57

Economia 35, 46, 50, 62

Educação 9, 26, 48, 50, 56-62, 69, 72, 84

Efluentes 9, 10, 74, 82-86, 88, 90, 91, 96-98

Eletrofilica 75, 76, 78

Eletrônica 75, 76, 84

Encostas 22

Enfoque 26, 57

Engenharia 6, 17, 21, 22, 33, 47, 48, 60, 70, 74, 84, 86, 107

Episódios 28

Erosivos 11-13, 15-17

Escoamento 11-14, 18, 21, 27, 28

Esfera 38, 54

Estatais 37

Estatuto 20, 22-28, 37, 42, 46

Estratificação 92, 93

Estruturas 16, 34, 41, 69, 92, 94

Ete-lei 10, 88, 103

F

Fenômenos 11, 16, 65

Ferramenta 9, 10, 24-26, 28, 29, 33-35, 42, 48, 50, 59, 64, 66, 67, 69, 71, 83

Fiscalização 25, 30, 33, 34, 68, 69, 96

Fluxo 11-16, 99, 101

Formação 11, 23, 24, 44, 47, 58, 72, 74-77, 80, 81, 91, 92, 96, 97

Freáticos 11

Fugas 97

Futuras 9, 21-23, 56, 86

G

Galerias 13

Garantia 20-23, 35, 53, 57

Geológica 11, 29, 101

Geoprocessamento 9, 10, 15, 16, 64-67, 69-72

Georreferenciados 64, 66, 67

Gerações 21-23

Gestão 7, 9-11, 14-16, 20-22, 24-28, 31, 33-50, 52-56, 58-62, 64, 65, 67-71, 84, 86, 89, 98, 107

Governamental 38, 65

Governança 20, 41, 47, 49

Gramíneas 97

Granulometria 92

H

Habitantes 21, 22, 24, 26, 34, 40, 48, 49, 89

Hídrico 11-16, 18, 27, 28, 36, 37, 44, 45, 92, 98, 107

Hidrogênio 76, 78

Hidrográfica 12-14, 16-18, 70, 90

Hidrológicas 13

Hidroxil 74-82

Histórico 46, 56, 65, 88, 89, 91

I

Imobiliário 69

Impactos 10, 12, 16, 23, 31, 35, 48-50, 52, 53, 58, 59, 68, 71, 72, 88, 97

Imprópria 22, 26, 52, 97

Inadimplência 69

Industriais 29, 50, 83

Industrialização 23

Infiltração 11-14, 16, 28

Influência 10, 11, 13, 15, 16, 18, 23, 27, 53, 55, 66, 67, 90, 92, 94, 95, 100

Informação 15, 45, 46, 56, 57, 64-67, 69, 70, 102

Infraestrutura 22, 23, 27, 41, 42, 49, 69, 98

Inicial 38

Instrumentos 9, 10, 20, 22-25, 28-30, 37, 42, 43, 46, 48, 50, 59

Intercâmbio 38

Inter municipal 9, 10, 33, 35-41, 43, 47

Inundações 21-23, 25, 29, 49

J

Jurídicas 34

L

Lagoa 9, 10, 88-91, 93-103

Legislação 21, 28, 29, 37, 40, 44, 67

Lei 24-29, 31, 33, 34, 37, 40, 42-45, 47, 50, 53, 55-57, 60, 96

Lixões 37, 38, 52

Logísticos 39

M

Macrofauna 89, 93, 96, 99, 100,

102, 103

Malária 49, 72

Mapeamento 15, 64-72

Maturidade 21

Mau cheiro 97

Mecanizada 14

Meio 11, 15, 16, 20-23, 25-30, 34, 37, 38, 40, 42, 43, 45, 48, 49, 51, 53-58, 60, 62, 65, 67, 69, 76, 78-80, 83, 85, 92, 93, 96

Metropolitana 34, 36, 40

Mineralização 9, 74, 75, 77, 82, 83

Mobilidade 9, 23, 93

Morfologia 14-16, 22, 28, 90

Moscas 49

Municipal 9, 10, 20, 23, 26, 32-35, 38, 42, 47, 48, 52-55, 59-62, 85, 91, 96, 97, 102

N

Nacional 16, 25, 31, 33, 34, 36-38, 40, 44-46, 48, 50, 51, 56, 60-62, 98

Naturais 11-13, 15, 16, 21, 25, 26, 59, 64-66, 89, 93

Nítido 34

O

Ocupação 12, 14, 15, 18, 21, 24-29, 68, 69

Omissão 37, 55

Orgânico 56, 74-79, 81-83, 101

Osmótico 96

Oxidativos 9, 10, 74, 77, 83, 84, 86

Ozonização 77, 80-83, 85, 86

P

Pandemia 69, 70

Paraná 11, 17, 20, 26, 33, 48, 64, 71, 74, 99, 102, 107

Parcelamento 21, 24, 26-29

Passivos 39

Pavimentadas 38

Penais 37, 45

Perspectiva 30, 46, 47, 51, 57, 62, 66, 70

Pesca 89

Planejamento 9-12, 15, 16, 20-27, 29-31, 34, 36, 40, 41, 47, 48, 53-55, 59, 61, 64, 66, 67, 69

Plano 20-27, 29, 31, 36, 41-44, 46, 47, 52-55, 58, 59, 67

Pluvial 16

POAs 76, 77, 79

Pobreza 9, 21

Poder 22-24, 30, 31, 33-35, 37, 40-44, 53-56, 64, 78, 80

Políticas 22, 30, 33, 35, 36, 40, 41, 43, 56, 59, 67, 68

Poluente 13, 49, 74, 75

Populacional 22, 23, 27, 39, 48, 88-91, 98

Precários 25

Predadores 98

Preparação 13, 14, 41, 52, 66

Problemas 9, 11, 15, 21-25, 27, 28, 38-40, 49, 50, 52, 58, 59, 68, 83

Processo 9-13, 15-17, 23-25, 28, 30, 35, 41, 42, 44, 50, 51, 53, 55-58, 64, 74-79, 81-84, 86, 90, 91, 109

Produzidos 12

Públicas 22, 25, 30, 33, 35, 38, 40-43, 51, 56, 67-69

R

Radiação 76-80

Radicais 74-79, 81, 82

Ratos 49

Reações 74-80, 82, 83

Reciclagem 36, 53, 55, 58, 59

Recolonização 97

Regulação 33, 34, 46, 98, 107

Relatório 21, 46, 67, 98, 102

Remanejados 14

Remoção 77, 11, 12, 14, 14, 77, 79, 82, 85, 86,

Representatividade 41, 41, 43, 43,

Residenciais 29,

Resilientes 20, 22, 23, 26, 97

Resistência 39, 89

Reuso 83

Revisões 26

Rompimento 9, 10, 88, 93, 96, 102

S

Sanções 37, 45

Saneamento 9, 10, 22, 27, 28, 33-47, 52, 69, 96

Sedimentos 13, 16, 18, 90, 93, 94, 96, 97

Sistema 13, 15, 16, 18, 23, 27-29, 31, 34, 36, 37, , 46, 51, 53, 55, 64-66, 69, 70, 78, 79, 88, 90, 95-98, 100, 107

Sociedade 18, 21, 24, 26, 30, 33, 35, 40-43, 48, 50, 53, 57, 60, 65, 70

Sociologia 22

Sólidos 9, 10, 13, 15, 24, 35-39, 44-56, 58-61, 69, 74, 77, 83

Solo 11-18, 21, 23-29, 38, 42, 49,
59, 64, 68, 70, 96, 100

Soluções 30, 34-36, 38, 40, 50,
51, 53, 107

Subterrânea 49

Superfície 11-14, 25, 70, 97

Sustentabilidade 20, 21, 23, 25,
28-30, 41, 44, 49, 57-59, 61, 62,
83, 89, 98, 102, 107

T

Técnico 16, 35, 38, 45, 53, 74, 98,
101

Temperatura 92

Terciário 74, 82

Territorial 16, 22-26, 29-31, 72

Topograficamente 14

Toxinas 88, 97

Transbordo 53, 54

Transferência 25, 74-76, 78, 79

Transporte 11, 15, 22, 36, 52-54,
66, 69

Tribunal 34, 41, 45, 47

U

União 24, 40, 41, 43-45, 47

Unidade 17, 18, 29, 68, 69, 71,
72, 83, 91, 102

Urbana 9-16, 20-29, 31, 33, 34,
38, 40, 42, 44-46, 48, 49, 51, 60,
64, 65, 67-69, 71, 83, 100, 107

V

Valor 38, 39, 43, 49, 50

Vantagens 35, 36, 38, 39, 59, 74,
77, 79

Vegetativo 14

Verão 92, 95

Vertentes 9-16

Viabilizar 38, 46

Vias 29, 38, 51

SOBRE A ORGANIZADORA

Cristhiane Michiko Passos Okawa

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Maringá (1992), Mestrado em Engenharia Hidráulica pela Universidade Federal do Paraná (1998), Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais pela Universidade Estadual de Maringá (2009) e Pós-doutorado em Recursos Hídricos pela UNICAMP (2017-2019). É Professora Associada da Universidade Estadual de Maringá. Tem experiência na área ambiental, atuando principalmente nos seguintes temas: gestão integrada de águas urbanas, gestão integrada de recursos hídricos, análise multicritério para resolução de conflitos em recursos hídricos, hidrologia urbana, soluções baseadas na natureza e cidades inteligentes. Líder do grupo de pesquisa Gestão Integrada de Águas Urbanas - GIAU (UEM). Participa, ainda, dos grupos de pesquisa Sistemas Sustentáveis Aplicados a Áreas Urbanas (UFRGS); Laboratório de Apoio multicritério à Decisão orientada à Sustentabilidade Empresarial e Ambiental (LADSEA-UNICAMP); e Hidráulica Ambiental (UFTM). É professora do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Ambientais – PROFCIAMB, do Mestrado em Engenharia Urbana (ambos da Universidade Estadual de Maringá) e do Mestrado Profissional em Gestão e Regulação em Recursos Hídricos – PROFÁGUA (polo IPH/UFRGS). É diretora da *Tropical Water Research Alliance* (TWRA), seção Paraná; membro do Comitê de Cidades Inteligentes da Associação Brasileira de Internet das Coisas (ABINC); e diretora da ABES-Paraná (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, seção Paraná).



Gestão Urbana Sustentável

Águas Urbanas

www.bookerfield.com



contato@bookerfield.com



[@bookerfield](https://www.instagram.com/bookerfield)



Bookerfield Editora





Gestão Urbana Sustentável

Águas Urbanas

www.bookerfield.com



contato@bookerfield.com



[@bookerfield](https://www.instagram.com/bookerfield)



Bookerfield Editora



ISBN 978-658992928-4



9

786589

929284