



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
NÍVEL MESTRADO**



ESTER MILENA DOS SANTOS

**ANÁLISE DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS DO ESTUÁRIO DO RIO POXIM E
PRESSUPOSTOS A SUA GESTÃO**

SÃO CRISTÓVÃO

2021

ESTER MILENA DOS SANTOS

**ANÁLISE DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS DO ESTUÁRIO DO RIO POXIM E
PRESSUPOSTOS A SUA GESTÃO**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Gregorio Guirado Faccioli

COORIENTADOR: Prof.^a Dr.^a Daniella Rocha

SÃO CRISTÓVÃO

2021

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

S237a Santos, Ester Milena dos.
Análise das condições ambientais do estuário do Rio Poxim e pressupostos a sua gestão / Ester Milena dos Santos; orientador Gregorio Guirado Faccioli. – São Cristóvão, SE, 2021.
130 f.; il.

Dissertação (mestrado em Desenvolvimento e meio ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, 2021.

1. Estuários - Sergipe. 2. Hidrologia urbana. 3. Gestão ambiental.
4. Água - Qualidade. I. Faccioli, Gregorio Guirado, orient. II. Título.

CDU 556.18(813.7)

ESTER MILENA DOS SANTOS

**ANÁLISE DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS DO ESTUÁRIO DO RIO POXIM E
PRESSUPOSTOS A SUA GESTÃO**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe.

Aprovada em 30 de agosto de 2021.



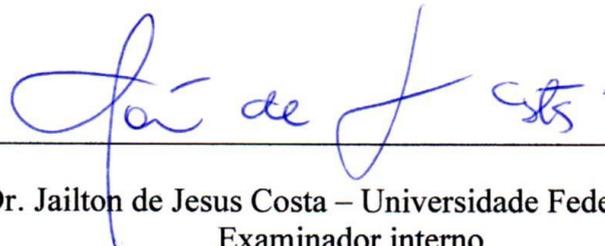
**Prof. Dr. Gregorio Guirado Faccioli – Universidade Federal de Sergipe
Presidente-orientador**

Documento assinado digitalmente

gov.br

Daniella Rocha
Data: 27/09/2021 16:22:00-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

**Prof.^a Dr.^a Daniella Rocha – Universidade Federal de Sergipe
Coorientadora**



**Prof. Dr. Jailton de Jesus Costa – Universidade Federal de Sergipe
Examinador interno**

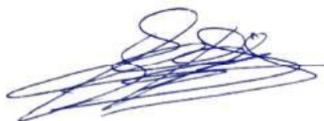
Documento assinado digitalmente

gov.br

Silvanio Silverio Lopes da Costa
Data: 27/09/2021 14:37:18-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

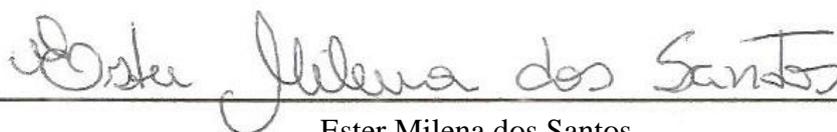
**Prof. Dr. Silvânio Silvério Lopes da Costa – Universidade Federal de Sergipe
Examinador externo**

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente concluído no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS).



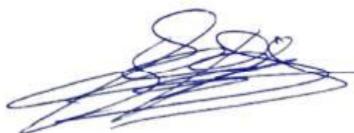
Prof. Dr. Gregorio Guirado Faccioli – Orientador
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio ambiente – PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe - UFS

É concedido ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) responsável pelo Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente permissão para disponibilizar, reproduzir cópia desta Dissertação e emprestar ou vender tais cópias.



Ester Milena dos Santos

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio ambiente – PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe - UFS



Prof. Dr. Gregorio Guirado Faccioli – Orientador
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio ambiente – PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe - UFS

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me guiar em todos os momentos e me permitir chegar até o fim desse ciclo. A trajetória trilhada foi assustadora, mas ao mesmo tempo enriquecedora.

Agradeço à minha família, especialmente, ao núcleo familiar cotidiano: minha amada mãe, Ginalda, e meus três queridos irmãos, Lucas, Isaias e Mariana, por todo amor, apoio, ajuda, dedicação, companheirismo e compreensão.

Agradeço a todos os educadores e instituições que influenciaram na minha formação. A escolha pela Engenharia Ambiental e Sanitária e em seguida pelo mestrado não foi “linear”, mas esse caminho me trouxe bons frutos, agregando conhecimento técnico-científico, valores. Um agradecimento muito especial, a Prof. Dr.^a Daniella Rocha, minha coorientadora, a quem tenho um enorme carinho e admiração, sou muito grata por me direcionar ao interesse na pesquisa, pelos conselhos, aberturas proporcionadas e pelo companheirismo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Gregorio Guirado Faccioli, pelo conhecimento, disponibilidade e por me ajudar a trilhar essa jornada, ao me possibilitar descobrir novos caminhos.

Aos membros da banca Prof. Dr. Jailton de Jesus Costa e Prof. Dr. Silvânio Silvério Lopes da Costa pelas avaliações e contribuições nesse estudo.

A todos os profissionais do PRODEMA, um programa em que não só tive um amadurecimento acadêmico, mas pessoal, ao me proporcionar um novo olhar a área ambiental.

À experiência que tive no LTMA e LQA, obrigada Prof. Dr. Silvânio, foram momentos de muitos aprendizados, agradeço a toda a equipe professores, discentes, colaboradores gerais, que me acolheram com carinho e paciência, compartilharam conhecimento e possibilitaram a coleta e análises de água.

Aos colegas e amigos, que distantes ou não, estavam abertos para ouvir, aconselhar, acolher e alegrar, nesse caminho árduo, de renúncias e desafios, em especial, Ayala, Bruno, Camila, Carlos, Eline, Fabiano, Jeferson, Jocimar, Juliana, Laizilla, Lizandra, Gabriel, Raynne, Robério, Rômulo, Sisley.

Por fim, agradeço, a UFS/POSGRAP/PROAP pelo apoio logístico e financeiro e a CAPES pelo apoio financeiro, essenciais a minha pesquisa.

"O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001”.

RESUMO

Os ambientes estuarinos possuem uma alta densidade populacional que ameaçam a qualidade de seus recursos naturais. Naturalmente, elas possuem fatores internos que favorecem alterações em alta frequência, o que dificulta avaliar alterações providas de fontes externas. No Brasil há uma ligeira indiligência associada a gestão e a necessidade em estudos contínuos nessas zonas. Esse estudo objetiva contribuir no processo de gestão integrada de bacias hidrográficas e dos sistemas estuarinos e tem por hipótese de pesquisa que “a compreensão das condições ambientais possibilita realizar uma análise crítica do uso e ocupação no estuário e contribui para formulação de propostas a sua gestão”. A construção da dissertação dá-se em formato de três artigos sob os seguintes objetivos específicos: Compreender o avanço urbano nas áreas que margeiam o estuário, considerando as condições de poluição; Diagnosticar as condições ambientais encontradas nas áreas a margem do estuário com a percepção da população local; Avaliar a qualidade da água, investigando tendências espaciais e sazonais dado as metas de enquadramento. Para a compreensão da dinâmica foi realizado a análise de imagens de satélite num espaço de 28 anos das áreas que margeiam o estuário, além disso realizou-se o levantamento das condições de poluição através da pesquisa bibliográfica e estimativa do potencial poluidor. De forma a se obter a contribuição dos moradores locais, a ferramenta de percepção utilizada foi questionários com 28 questões sobre temáticas ambientais, saúde e saneamento básico, veiculados de forma online em redes sociais e análise estatística dos resultados. E na investigação da qualidade da água foi executado um plano de amostragem específico a estuários e análise da conformidade de parâmetros como oxigênio dissolvido, salinidade e fósforo total. Como resultado foi verificado que as maiores variações de aumento urbano ocorreram no período entre 1990 e 2000, cerca de 23%, impulsionada pelo crescimento econômico da cidade. Já a maior redução de vegetação ocorreu entre 2010 e 2016, aproximadamente, uma perda de 37%, impulsionada pela pressão imobiliária. Entre 2016 e 2018 observou-se um adensamento do espaço urbano consolidado. Mais de 70% dos moradores dos bairros possuíam serviços de água, esgoto sanitário e resíduos sólidos oferecidos por órgãos públicos, cerca de 44% apontaram ter sido afetados por algum episódio de alagamento e 19% foram acometidos por doenças como dengue ou chikungunya. Entre 30% e 70% qualificam os serviços de saúde e saneamento básico oferecidos em seus bairros como regular/bom, mas consideram a atuação do poder público como ruim/péssima, além disso mais de 50% deles não se envolvem de espaços destinados a participação ativa. Quanto à qualidade das águas, alterações no oxigênio dissolvido e fósforo total indicam poluição por esgotamento sanitário e para a época seca e os pontos do estuário central o Índice de Conformidade ao Enquadramento (CCME WQI) qualifica-se como ruim, afastando-se dos níveis desejados para as classes de enquadramento. Conclui-se que esses ambientes desafiam os gestores e pesquisadores e necessita de um contínuo monitoramento e de processo de gestão democrático, efetivo e integrador.

Palavras-chave: Gestão Integrada de Recursos Hídricos. Gerenciamento Costeiro. Urbanização. Participação. Qualidade da Água.

ABSTRACT

Estuarine environments have a high population density that threatens the quality of their natural resources. Naturally, they have internal factors that favor high frequency changes, making it difficult to assess changes from external sources. In Brazil there is a slight negligence associated with management and the need for ongoing studies in these areas. This study aims to contribute to the process of integrated management of watersheds and estuarine systems and has the research hypothesis that "the understanding of environmental conditions makes it possible to carry out a critical analysis of the use and occupation in the estuary and contributes to the formulation of proposals for its management". The construction of the dissertation takes place in the format of three articles under the following specific objectives: Understand the urban advance in the areas that border the estuary, considering the pollution conditions; Diagnose the environmental conditions found in the areas outside the estuary with the perception of the local population; Assess water quality by investigating spatial and seasonal trends given the framing targets. To understand the dynamics, satellite images were analyzed over a 28-year period of the areas that border the estuary, in addition to the survey of pollution conditions through bibliographical research and estimation of the polluting potential. In order to obtain the contribution of local residents, the perception tool used was questionnaires with 28 questions on environmental themes, health and basic sanitation, transmitted online on social networks and statistical analysis of the results. And in the investigation of water quality, a sampling plan specific to estuaries and analysis of the compliance of parameters such as dissolved oxygen, salinity and total phosphorus. As a result, it was found that the greatest variations in urban growth occurred in the period between 1990 and 2000, around 23%, driven by the city's economic growth. The biggest reduction in vegetation occurred between 2010 and 2016, approximately a loss of 37%, driven by real estate pressure. Between 2016 and 2018 there was a densification of the consolidated urban space. More than 70% of neighborhood residents had water, sewage and solid waste services provided by public agencies, around 44% reported having been affected by some episode of flooding and 19% were affected by diseases such as dengue or chikungunya. Between 30% and 70% qualify the health and sanitation services offered in their neighborhoods as regular/good, but consider the performance of public authorities as bad/very bad, and more than 50% of them do not get involved in spaces intended for participation active. As for water quality, changes in dissolved oxygen and total phosphorus indicate pollution by sewage and for the dry season and points in the central estuary, the Compliance Index (CCME WQI) qualifies as poor, moving away from the desired levels for the classes of framing. It is concluded that these environments challenge managers and researchers and require continuous monitoring and a democratic, effective and integrative management process.

Keywords: Integrated Water Resources Management. Coastal Management. Urbanization. Participation. Water quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - População mundial, uso da água e área irrigada.....	25
Figura 02 – Diagrama de misturas. (a) espécie de interesse tem maior concentração no rio do que no mar. (b) espécie de interesse ter maior concentração no mar do que no rio.....	35
Figura 03 - Estado ecológico dos corpos d'água em transição do Estados-Membros.....	42
Figura 04 - Sistema de gestão de recursos hídricos brasileira.....	45
Figura 05 - Unidade de Planejamento do rio Poxim.....	50
Figura 06 - Objeto de estudo.....	61
Figura 07 - Dinâmica de usos e ocupação a margem do rio Poxim.....	64
Figura 08 - Alteração das classes ambientais ao longo dos 28 anos.....	66
Figura 09 - Variações entre as classes de vegetação e urbanização.....	66
Figura 10 - Estimativa da carga poluidora dada por aportes localizados na área dos bairros..	70
Figura 11 - Área de aplicação dos questionários.....	78
Figura 12 - Percepção sobre alguns aspectos ambientais. a) Sensação de aumento de temperatura. b) Observância de recorrência de chuvas fortes. c) Observância de pontos de lançamento de esgoto. d) Observância de descarte irregular de resíduos sólidos.....	82
Figura 13 - Dificuldades apontadas quanto a episódios de alagamento.....	84
Figura 14 - Problemas de saúde por veiculação hídrica.....	85
Figura 15 - Qualificação do status de alguns aspectos dos bairros. a) Serviços de saúde. b) Serviços de saneamento básico. c) Qualidade das águas do rio Poxim. d) Atuação do Poder Público no quesito saneamento básico.....	86
Figura 16 - Percepção de impactos ambientais nas áreas adjacente ao rio Poxim. a) Qualidade da margem do rio. b) Lançamento de esgoto nas águas. c) Grau de transtorno de alagamentos.....	87
Figura 17 - Aspectos ativo no processo de tomada de decisão. a) Participação em espaços de discussões sobre meio ambiente e saneamento. b) Representação. c) Acesso a informação e divulgação.....	88

Figura 18 – Responsável por atuar nas questões de saneamento básico (água, esgoto, coleta de lixo, drenagem) e de meio ambiente (água, solo, fauna, flora).	88
Figura 19 - Medidas que deveriam ser adotadas para solucionar problemas ambientais e de saneamento básico.	89
Figura 21 - Localização da área de estudo.	95
Figura 22 - Variações mensais de precipitação e temperaturas médias na cidade de Aracaju.	96
Figura 23 - Variações das concentrações de CE e S. (a) CE época chuvosa. (b) CE época seca. (c) S época chuvosa. (d) S época seca. (e) Agrupamento S por pontos. (d) Agrupamento S por sazonalidade.....	104
Figura 24 - Variação local e sazonal da temperatura da água do estuário. a) Local. b) Sazonal.	105
Figura 25 - Alteração de pH no estuário do rio Poxim.....	106
Figura 26 - Variações das concentrações de OD.....	108
Figura 27 - Comportamento do fósforo ao longo do estuário do rio Poxim.	109

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Princípios básicos para o gerenciamento dos recursos hídricos.	26
Quadro 02 - Algumas características do gerenciamento dos recursos hídricos em vários países.	29
Quadro 03 - Prós e Contras dos mecanismos de participação.	31
Quadro 04 - Grupos de perigo para estuários.	33
Quadro 05 - Composição média dos corpos hídricos marinhos e doces.	34
Quadro 06 - Aspectos e impactos que afetam águas costeiras e oceano.	39
Quadro 07 - Elementos utilizados para avaliação de corpos d'água em transição.	41
Quadro 08 - Diagnóstico geral de problemas na bacia do rio Sergipe.	49
Quadro 09 – Informações gerais das imagens de satélite adquiridas.	62
Quadro 10 - Exemplo dos conjuntos de pixels por classes de uso.	62
Quadro 11 - Resumo do modelo de regressão linear simples.	66
Quadro 12 - Descrição dos pontos de coleta	98
Quadro 13 - Categorização do ICE.	103
Quadro 14 - Enquadramento estuário do rio Poxim.	110
Quadro 15 - Índice de Conformidade ao Enquadramento para o estuário do Poxim.	111
Quadro 16 - Resumo das determinações jurídicas que influenciam no estuário do rio Poxim.	118

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Dados associados aos serviços de saneamento básico nos municípios integrantes da sub-bacia do rio Poxim.	51
Tabela 02 - Validação dos mapas de uso e ocupação.....	65
Tabela 03 - Valores para o tamanho da amostra.	80
Tabela 04 - Resumo dos aspectos gerais dos entrevistados.....	81
Tabela 05 - Caracterização do saneamento básico.	83
Tabela 06 – Dias e horários de amostragem.....	99
Tabela 07 - Parâmetros a serem analisados.	99
Tabela 08 - Limites das condições e padrões CONAMA 357/05.	111

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
	REFERÊNCIAS	20
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
2.1	A construção do paradigma da gestão de água	24
2.2	Qualidade ambiental estuarina	32
2.2.1	Aspectos gerais e processos relacionados à ambientes estuarinos.....	32
2.2.2	Desafios à sustentabilidade em áreas estuarinas	39
2.3	Possibilidades para a gestão integrada no Brasil.....	44
2.4	A gestão das interfaces terra-mar sergipanas: os conflitos no estuário do rio Poxim.....	48
	REFERÊNCIAS	53
3	DINÂMICA ESPACIAL E SUAS CONSEQUÊNCIAS SANITÁRIAS EM UM ESTUÁRIO LOCALIZADO NA REGIÃO METROPOLITANA BRASILEIRA	59
	Resumo	59
3.1	Introdução	59
3.2	Metodologia	61
3.3	Resultados e discussão	64
3.3.1	Avanço multitemporal às margens do estuário do Poxim.....	64
3.3.3	Implicações do avanço urbano às áreas e águas do estuário do Poxim	69
3.4	Considerações finais.....	71
	REFERÊNCIAS	72
4	PERCEPÇÃO AMBIENTAL DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS E SANITÁRIAS DAS MARGENS DE UM ESTUÁRIO NO NORDESTE DO BRASIL	75
	Resumo	75
4.1	Introdução	75
4.2	Metodologia	77
4.2.1	Área de Estudo	77
4.2.2	Instrumento de Pesquisa e Estratégias de Divulgação	78
4.3	Resultados e Discussão	80
4.4	Conclusões	89
	REFERÊNCIAS	90
5	QUALIDADE, ENQUADRAMENTO E LIMITAÇÕES DO USO DAS ÁGUAS EM UM ESTUÁRIO TROPICAL	93
	Resumo	93
5.1	Introdução	93
5.2	Materiais e Métodos	95
5.2.1	Área de estudo.....	95
5.2.2	Amostragem e medida de parâmetros	97
5.2.3	Análise estatística.....	101
5.3	Resultados e Discussões.....	103
5.4	Conclusões	112
	REFERÊNCIAS	113
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	117

APÊNDICE A – Planilha de cálculo para a estimativa do potencial poluidor das contribuições dos canais.....	120
APÊNDICE B – Planilha de cálculo para a estimativa do potencial poluidor das contribuições dos canais.....	121
APÊNDICE C – Instrumento da pesquisa.....	122
APÊNDICE D – Organização de coletas.....	128
APÊNDICE E – Pressupostos de normalidade e de homoscedasticidade.....	129
APÊNDICE F – Parâmetros analisados.....	130

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, as demandas dos múltiplos usos da água intensificaram as pressões e conflitos sobre os recursos hídricos. Estima-se que o consumo mundial de água aumentou seis vezes nos últimos cem anos e continuará a crescer, constantemente, a uma taxa de 1% ao ano (WWAP/ONU, 2020). Previsões apontam que se até 2050 a degradação aos ecossistemas e o uso insustentável da água persistirem, cerca de 45% do produto interno bruto (PIB) mundial, 52% da população de todo o mundo e 40% da produção mundial de grãos, estarão em risco (UNESCO, 2019).

Contribuindo para a degradação, segundo a ONU (2019), espera-se que a população urbana chegue a duplicar até 2050, tornando a urbanização a mais transformadora tendência do século XXI. O rápido avanço urbano junto ao desenvolvimento econômico e à desigualdade estão entre os principais fatores socioeconômicos de pressão sobre os sistemas hídricos e desafiam diversos setores de prestação de serviços urbanos, como o de águas residuárias (WWAP/ONU, 2020). Globalmente, cerca de 80% do esgoto sanitário é descartada em corpos d'águas superficiais ou canais de drenagem pluviais, impactando a saúde, os ecossistemas, as atividades econômicas e as águas superficiais, subterrâneas e costeiras (WWAP/ONU, 2017).

Historicamente, as zonas costeiras e os estuários foram locais-chave para o desenvolvimento e o crescimento dos espaços urbanos, com muitas das grandes cidades globais situadas nelas (BAI *et al.*, 2015; YABSLEY *et al.*, 2020). Das 16 cidades com populações superiores a 10 milhões de habitantes, 12 localizam-se nas faixas costeiras e quase metade das principais cidades do mundo com mais de 500.000 habitantes localizam-se a 50 km da costa (BARRAGÁN; ANDRÉS, 2015; NEUMANN *et al.*, 2015).

A expansão urbana modifica os ecossistemas dessas faixas para atender às necessidades de uma crescente população humana e fazem com que eles experimentem múltiplos estressores tipicamente associados às cidades (WETZ *et al.*, 2016; YABSLEY *et al.*, 2020). Especificamente, o aumento da cobertura impermeável e a descarga de águas residuais nas bacias hidrográficas costeiras provocam aumento da descarga de poluentes pontuais e não pontuais, alteração das vias naturais para dispersão do escoamento e remoção de poluentes, todos os quais afetam a qualidade da água dos corpos hídricos locais (GORMAN *et al.*, 2017; GRIMM *et al.*, 2008).

Conseqüentemente, um aumento no insumo de nutrientes inorgânicos e componentes orgânicos podem resultar em conseqüências negativas, como: aumento da presença de matéria orgânica particulada, da turbidez, de poluentes orgânicos emergentes, de metais na água, ocorrência de florações de fitoplâncton e macrófita, redução das concentrações de oxigênio dissolvido na água, mortalidade de alguns organismos e diminuição da biodiversidade local (CAETANO *et al.*, 2016; MONTEIRO, JIMÉNEZ; PEREIRA, 2016; SCOTT *et al.*, 2019).

O foco das medições da qualidade costeira e estuarina não devem ser somente dado sob as complexidades do próprio estuário, mas também, englobar as influências externas consideradas impactantes (WHITFIELD; ELLIOTT, 2012). Essa perspectiva holística permite compreender os problemas como um todo integrado e não como uma coleção de partes dissociadas, principalmente, quando encontra-se problemas complexos, mais alarmantes a longo prazo e que se encaminham ao irreversível (CAPRA, 1996; HUANG *et al.*, 2019; STATHAM, 2012; STEFFEN *et al.*, 2015).

Ao ganhar destaque nas agendas políticas mundiais a partir de 1960, uma visão holística emerge num momento de crise decorrente do desequilíbrio das dinâmicas naturais sob intervenção humana. O “paradigma ambiental”¹ orienta sob novos valores, conceitos, normas a construção e alteração de modelos que não só visam estabelecer um aproveitamento racional e sustentável da natureza, mas também buscam uma maneira de cooperação e adoção de melhores práticas de governança (CMMAD, 1991; POTT; ESTRELA, 2017; SANTOS FILHO, 2015).

No que concerne aos recursos hídricos, essa mudança de paradigma permitiu a adoção de um sistema integrado, preditivo e em nível de ecossistema voltados ao planejamento e gerenciamento de ações que viabilizassem a capacidade de gerenciar conflitos resultantes dos usos múltiplos considerando processos tecnológicos, institucionais e conceituais, adotando a bacia hidrográfica como unidade territorial (TUNDISI; TUNDISI, 2011; WOODHOUSE; MULLER, 2017).

Todavia, a gestão de recursos hídricos engloba as águas doces superficiais e subterrâneas e, em muitos casos, excluem águas costeiras. Essas têm seu gerenciamento em zoneamento para minimizar conflitos de múltiplos recursos com abordagem de planejamento

¹ Dado sob uma ideia kuhniiana, esse paradigma ambiental envolve um conjunto de crenças, valores, conceitos, teorias, padrões de conduta, normas e linguagem que orienta a construção e alteração de concepções e modelos que visam estabelecer um aproveitamento racional e ecologicamente sustentável da natureza, além disso, busca uma maneira de cooperação e de adoção de melhores práticas de governança santos (SANTOS FILHO, 2015).

físico, espacial, que muitas vezes, no contexto urbano, centra-se no desenvolvimento socioeconômico (COCCOSSIS, 2004).

Associar o gerenciamento costeiro ao processo de gestão de recursos hídricos pode auxiliar a integração da dimensão ambiental no processo de salvar essas zonas, pois dentro da perspectiva sistemática, há fortes fluxos e interações entre esses dois locais ligados tanto por processos naturais, fluxo de água, transporte de sedimentos e energia, quanto pelas atividades humanas, desenvolvimento urbano, atividades rurais, infraestruturas técnicas, resíduos e poluição, dentro do limite de uma bacia. (GRANIT *et al.*, 2017; KENNISH, 2002).

Os Estados-Membros da União Europeia apresentam uma abordagem em termos de “Águas de Transição” que engloba uma gama de habitats de água salobra, de estuários de marés a lagoas salobras fechadas e grandes mares salgados, em uma política integrada para melhorar a qualidade ecológica das águas superficiais dentro de um esquema de bacias hidrográficas (ELLIOTT; MCLUSKY, 2002). Portugal estimula uma abordagem mais adaptativa, integradora e participativa, com o desenvolvimento de ferramentas, conceitos e legislação para essas áreas (ALVES, F. L. *et al.*, 2013). A França passou por mudanças que estimularam e repensaram as políticas de formas interministeriais e que substituam métodos baseados em zoneamento por projetos considerando estratégias locais (DEBOUDT; DAUVIN; LOZACHMEUR, 2008).

No América, o Estados Unidos apresenta um forte Programa Nacional de Estuários, restruturado pela Lei dos Estuários e Água Limpa de 2000, que prever planejamento participativo e fundos para gestão restauradora dessas áreas com resultados positivos (USEPA, 2005, 2019). Países da América Latina e Caribe compartilham de mesma raiz colonizadora e pressupõem uma visão da zona costeira de domínio público, mas são heterogêneos quanto ao estado de gestão dessas áreas e apresentam frágeis mecanismos institucionais e financeiros (MUÑOZ, J. M. B., 2020).

Neste viés, no Brasil, a Zona Costeira é um Patrimônio Nacional com fronteiras terrestres relacionadas ao território de municípios costeiros incluindo áreas de estuários, lagoas costeiras, regiões metropolitanas entre outras e o limite marinho são as 12 milhas náuticas do Mar Territorial.

No território brasileiro, elas ocupam, aproximadamente, 4,1% do território nacional e possuem 24,6% da população nacional, em torno de 16,54% dos municípios com mais de 20 mil habitantes localizam-se nessa zona, com cinco dos nove maiores centros urbanos -

Fortaleza, Rio de Janeiro, Salvador, Recife e Belém - consolidando-se nelas, 45,6% deles possuem percentuais de urbanização entre 80% e 100% (IBGE, 2011). O avanço urbano em muitos municípios costeiros ocasionou entraves aos atuais modelos de desenvolvimento sustentáveis, ao ocupar áreas de preservação ambiental, pelas deficitárias infraestruturas de saneamento básico e habitação e pelas pressões político-econômicas (ABREU; VASCONCELOS; ALBUQUERQUE, 2017).

A Lei Federal Nº 7.661/88, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro, orienta a utilização nacional dos recursos dessa área, prevendo o zoneamento que compatibiliza o desenvolvimento socioeconômico com a conservação ambiental. A Lei Federal Nº 9.433/97, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), dentre suas diretrizes gerais prever a Integração da Gestão Costeira e dos Sistemas Estuarinos e Zonas Costeiras possuindo um Grupo Técnico específico para realizar estudos e orientações sob metas claras para sua efetivação.

Os trabalhos de Barragán e Andrés (2015); Loitzenbauer e Mendes (2016, 2019); Nicolodi, Zamboni e Barroso (2009) apresentam alternativas para a integração da gestão dessas áreas. Para Loitzenbauer e Mendes (2011) a gestão de ambientes costeiros deve refletir a dinâmica desses locais e compatibilizar com os instrumentos da Lei Nº 9.433/97 a não comprometer os diversos usos antrópicos e ecossistêmicos.

Além disso, os gradientes halinos demandam uma análise mais complexa ao tomador de decisão quanto a definição de limites e ao implemento sob critérios de modo a corresponder de forma assertiva a dinâmica do sistema (ESCHRIQUE *et al.*, 2011). Nas zonas costeiras há a necessidade de estudos contínuos e síntese de informações que orientem a tomada de decisões para a recuperação e preservação do estuário e orientar os usos antrópicos. Em particular, há um problema quanto a escassez de mais estudos que avaliem a qualidade hídrica em estuários tropicais que recebem elevadas cargas orgânicas de forma a compreender processos e interações característicos, e dado as formas de usos e ocupações existentes em ao longo de sua bacia hidrográfica (BRANDINI *et al.*, 2016). O objeto desse estudo compartilha dessa problemática.

O estuário do rio Poxim localiza-se na cidade de Aracaju, município retrato de avanço urbano desordenado sobre ecossistemas costeiros, como manguezais de rios estuarinos (SANTANA; ARAÚJO, 2016; VALENZUELA *et al.*, 2019). A cidade possui os índices de coleta e de tratamento de esgoto de 57,39% e 100%, respectivamente, havendo um grande aporte de efluentes domésticos nos corpos hídricos receptores (BRASIL, 2020). Esse aporte

pode ser decorrente de lançamentos diretos, lançamentos indiretos pela rede de drenagem nos corpos hídricos e do remanescente das estações de tratamento de esgoto com baixa eficiência operacional (ARACAJU, 2015).

Ressalta-se que há inúmeros estudos que com diferentes focos de análises denunciam a contaminação e a poluição das águas desse estuário: ecotoxicológico (NILIN; SANTOS; NASCIMENTO, 2019), geoquímico (SOUZA, 2019), geomorfológicos (WANDERLEY, 2013), biodegradação de efluentes (SOUZA, 2009), qualidade de água (ALVES *et al.*, 2007; DALTRO FILHO *et al.*, 2014; ROCHA (2018)). No entanto, essa pesquisa foca em contribuir no processo de gestão integrada de Bacias Hidrográficas e dos Sistemas Estuarinos e Zona Costeira.

Orientada pelo método hipotético-dedutivo que se baseia nos testes de falseamento (MARCONI; LAKATOS, 2003), a hipótese dessa pesquisa é que “A compreensão das condições ambientais possibilita realizar uma análise crítica do uso e ocupação de forma a contribui para formulação de propostas a gestão integrada da bacia hidrográfica e do sistema estuarino do rio Poxim”. A questão de pesquisa envolve em “Como o entendimento de fatores externos, pressões que ocorrem na área do estuário ao longo dos anos e por seus moradores, e fatores internos, qualidade das águas, podem contribuir a gestão integrada de forma a minimizar impactos?”.

O objetivo da pesquisa envolve analisar aspectos socioambientais ao longo do estuário do rio Poxim que possam contribuir a sua gestão dada as complexidades intrínsecas a esse ambiente. O procedimento metodológico incorpora princípios de Coccossis (2004) e do plano de gestão ambiental de uma bacia hidrográfico proposto por Mota (2008). Ele divide-se em três etapas que são os aspectos investigados, apresentados a seguir como objetivos específicos:

- Compreender o avanço urbano nas áreas que margeiam o estuário do rio Poxim, levando em consideração condições de poluição;
- Diagnosticar as condições ambientais encontradas nas áreas a margem do estuário do rio Poxim com a percepção da população local;
- Avaliar a qualidade da água do estuário do Poxim, investigando algumas tendências espaciais e sazonais dado as metas de enquadramento.

Essa pesquisa tem natureza aplicada, pois visa a execução prática e dirigida de conhecimentos básicos de áreas como química, oceanografia, geografia, estatística entre

outros. Apresenta um caráter descritivo-explicativo e abordagem quali-quantitativa e seu desenvolvimento envolveu pesquisa bibliográfica, com a análise de livros e publicações científicas; documental, com a consulta a base de dados e documentos de órgãos nacionais, estaduais e municipais; e experimental, a coleta de amostras de água e a análise de parâmetros que influenciam suas características físicas, químicas e biológicas.

Ela divide-se em 6 capítulos. O Capítulo 1 deu-se pela apresentação da temática: contextualização, justificativa, problemática e hipótese sobre degradação de estuário e a necessidade de incorporar uma abordagem de avaliação sistemática, dada na unidade da bacia hidrográfica. O Capítulo 2 a fundamentação teórica focada em explicar com base na pesquisa bibliográfica e documental como se deu o processo de construção do atual paradigma de águas; quais aspectos e processos influenciam a qualidade da água estuarina e os desafios da gestão nessas áreas; identificar possibilidades para a gestão integrada de bacia hidrográfica e zonas costeiras no território brasileiro; apresentar um panorama da gestão de recursos hídricos e sistemas estuarinos no município de Aracaju.

A construção dos Capítulos 3, 4 e 5 dá em forma de artigo focado nas três etapas do procedimento metodológico. No Capítulo 3, a análise do espaço do estuário do rio Poxim, de modo a entender de que forma esse pressiona os recursos ambientais existentes na área. No Capítulo 4, a percepção ambiental das condições ambientais e sanitárias dos moradores dos bairros à margem do estuário, tendo como instrumento um questionário. No Capítulo 5, avaliação da qualidade da água no rio, através da análise de parâmetros físico-químico e avaliação de significância e tendências temporais e espaciais. Por fim, o Capítulo 6 apresenta breves considerações finais e recomendações.

REFERÊNCIAS

ABREU, F. L.; VASCONCELOS, F. P.; ALBUQUERQUE, M. F. C. A Diversidade no Uso e Ocupação da Zona Costeira do Brasil: A Sustentabilidade como Necessidade. **Conexões - Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 5, p. 8, 2017.

ALVES, F. L.; SOUSA, L. P.; ALMODOVAR, M.; PHILLIPS, M. R. Integrated Coastal Zone Management (ICZM): A review of progress in Portuguese implementation. **Regional Environmental Change**, v. 13, n. 5, p. 1031–1042, 2013.

ALVES, J. P. H.; GARCIA, C. A. B.; AGUIAR NETTO, A. DE O.; FERREIRA, R. A.; SANTOS, D. B.; BEZERRA, D. S. S.; BARBOSA, C. D. DO E. S.; COSTA, A. S. **Rio Poxim : Qualidade Da Água E Suas Variações**XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. **Anais...**São Paulo: 2007

ARACAJU. **Diagnóstico do Plano Integrado de Saneamento Básico de Aracaju**. Aracaju: UFS, 2015.

- BAI, X.; KREMER, H.; LAMPIS, A.; MCEVOY, D. Coastal zones and urbanization. n. June, 2015.
- BARRAGÁN, J. M.; ANDRÉS, M. DE. Analysis and trends of the world's coastal cities and agglomerations. **Ocean and Coastal Management**, v. 114, p. 11–20, 2015.
- BRANDINI, N.; RODRIGUES, A. P. DE C.; ABREU, I. M.; COTOVICZ JUNIOR, L. C.; KNOPPERS, B. A.; MACHADO, W. Nutrient behavior in a highly-eutrophicated tropical estuarine system. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 28, n. 0, 2016.
- BRASIL. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019** Brasília-DF Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento, , 2020. Disponível em:
<http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2019/Diagnostico_AE2019.pdf>
- CAETANO, M.; RAIMUNDO, J.; NOGUEIRA, M.; SANTOS, M.; MIL-HOMENS, M.; PREGO, R.; VALE, C. Defining benchmark values for nutrients under the Water Framework Directive: Application in twelve Portuguese estuaries. **Marine Chemistry**, v. 185, p. 27–37, 2016.
- CAPRA, F. A teia da vida. **Teia**, p. 249, 1996.
- CMMAD. **Nosso Futuro Comum**. Rio de Janeiro: editora da FGV, 1991.
- COCCOSSIS, H. Integrated coastal management and river basin management. **Water, Air, and Soil Pollution: Focus**, v. 4, n. 4–5, p. 411–419, 2004.
- DALTRO FILHO, J.; FONSECA, L. DE M.; NOU, G. C. G.; NOBRE, F. S. DE M. Aspectos Gerais Sobre a Qualidade Ambiental E Sanitária De Um Rio Urbano : O Caso Do Trecho Urbano Do Rio Poxim , Situado No Bairro. **V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, p. 1–7, 2014.
- DEBOUDT, P.; DAUVIN, J. C.; LOZACHMEUR, O. Recent developments in coastal zone management in France: The transition towards integrated coastal zone management (1973-2007). **Ocean and Coastal Management**, v. 51, n. 3, p. 212–228, 2008.
- ELLIOTT, M.; MCLUSKY, D. S. The need for definitions in understanding estuaries. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 55, n. 6, p. 815–827, 2002.
- ESCHRIQUE, S. A.; COELHO, L. H.; OLIVEIRA, E. N.; BRAGA, E. S. Qualidade Da Água Como Ferramenta Na Gestão Ambiental De Estuários – Exemplo Do Litoral Sul De São Paulo. **Anais do V Simpósio Brasileiro de Oceanografia, Santos–SP**, v. 24, n. 17, 2011.
- GORMAN, D.; TURRA, A.; CONNOLLY, R. M.; D., O. A.; SCHLACHER, T. A. Monitoring nitrogen pollution in seasonally-pulsed coastal waters requires judicious choice of indicator species. **Marine Pollution Bulletin**, v. 122, n. 1–2, p. 149–155, 2017.
- GRANIT, J.; LISS LYMER, B.; OLSEN, S.; TENGBERG, A.; NÖMMANN, S.; CLAUSEN, T. J. A conceptual framework for governing and managing key flows in a source-to-sea continuum. **Water Policy**, v. 19, n. 4, p. 673–691, 2017.
- GRIMM, N. B.; FOSTER, D.; GROFFMAN, P.; GROVE, J. M.; HOPKINSON, C. S.; NADELHOFFER, K. J.; PATAKI, D. E.; PETERS, D. P. C. **The changing landscape: Ecosystem responses to urbanization and pollution across climatic and societal gradients** *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2008.
- HUANG, P.; TRAYLER, K.; WANG, B.; SAEED, A.; OLDHAM, C. E.; BUSCH, B.; HIPSEY, M. R. An integrated modelling system for water quality forecasting in an urban eutrophic estuary: The swan-canning estuary virtual observatory. **Journal of Marine**

- Systems**, v. 199, n. January, p. 103218, 2019.
- IBGE. **Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil**. [s.l.: s.n.].
- KENNISH, M. J. Environmental threats and environmental future of estuaries. **Environmental Conservation**, v. 29, n. 1, p. 78–107, 2002.
- LOITZENBAUER, E.; MENDES, C. A. B. A dinâmica da salinidade como uma ferramenta para a gestão integrada de recursos hídricos na zona costeira: uma aplicação à realidade brasileira. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 11, n. 2, p. 233–245, 2011.
- _____. Integração da gestão de recursos hídricos e da zona costeira em Santa Catarina: A zona de influência costeira nas bacias dos rios Mampituba, Araranguá, Tubarão e Tijucas, SC. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 21, n. 2, p. 466–477, 2016.
- _____. Appropriate unit limits for integrated coastal and river basin management: An application to the Itajaí River basin, SC, Brazil. **Ocean and Coastal Management**, v. 168, n. October 2018, p. 150–157, 2019.
- MARCONI, M.; LAKATOS, E. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Editora Atlas, 2003.
- MONTEIRO, M. C.; JIMÉNEZ, J. A.; PEREIRA, L. C. C. Natural and human controls of water quality of an Amazon estuary (Caeté-PA, Brazil). **Ocean and Coastal Management**, v. 124, p. 42–52, 2016.
- MOTA, S. **Gestão ambiental de recursos hídricos**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2008.
- MUÑOZ, J. M. B. Progress of coastal management in Latin America and the Caribbean. **Ocean and Coastal Management**, v. 184, n. October 2019, 2020.
- NEUMANN, B.; VAFEIDIS, A. T.; ZIMMERMANN, J.; NICHOLLS, R. J. Future coastal population growth and exposure to sea-level rise and coastal flooding - A global assessment. **PLoS ONE**, v. 10, n. 3, 2015.
- NICOLODI, J. L.; ZAMBONI, A.; BARROSO, G. F. Gestão Integrada de Bacias Hidrográficas e Zonas Costeiras no Brasil: Implicações para a Região Hidrográfica Amazônica. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 9, n. 2, p. 9–32, 2009.
- NILIN, J.; SANTOS, A. A. O.; NASCIMENTO, M. K. S. Ecotoxicology assay for the evaluation of environmental water quality in a tropical urban estuary. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 91, n. 1, p. 1–10, 2019.
- ONU. Nova Agenda Urbana. p. 66, 2019.
- POTT, C. M.; ESTRELA, C. C. Histórico ambiental: Desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. **Estudos Avancados**, v. 31, n. 89, p. 271–283, 2017.
- ROCHA, D. (COORD. . **Avaliação do processo de urbanização da sub-bacia do rio Poxim e sua influência na qualidade da água**. São Cristóvão/SE: PIBIC, 2018.
- SANTANA, L. B. DE; ARAÚJO, H. M. DE. Avaliação da fragilidade ambiental e riscos associados da região metropolitana de Aracaju/ Sergipe. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, n. 0, p. 1347–1357, 2016.
- SANTOS FILHO, A. A. DOS. **Crise ambiental moderna: um diagnóstico interdisciplinar**. Porto Alegre: Redes Editora, 2015.
- SCOTT, W. C.; BREEDREED, C. S.; HADDAD, S. P.; BURKET, S. R.; SAARI, G. N.; PEARCE, P. J.; CHAMBLISS, C. K.; BROOKS, B. W. Spatial and temporal influence of

onsite wastewater treatment systems, centralized effluent discharge, and tides on aquatic hazards of nutrients, indicator bacteria, and pharmaceuticals in a coastal bayou. **Science of the Total Environment**, v. 650, p. 354–364, 2019.

SOUZA, C. S. **Biodegradação de efluentes sanitários no estuário do Rio Poxim em Aracaju/SE**. São Cristóvão/SE: Universidade Federal de Sergipe, 2009.

SOUZA, M. R. DOS R. **Geoquímica orgânica do sistema estuarino Sergipe-Poxim: marcadores moleculares e poluição**. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, 2019.

STATHAM, P. J. Nutrients in estuaries — An overview and the potential impacts of climate change. **Science of the Total Environment**, v. 434, p. 213–227, 2012.

STEFFEN, W.; BROADGATE, W.; DEUTSCH, L.; GAFFNEY, O.; LUDWIG, C. The trajectory of the anthropocene: The great acceleration. **Anthropocene Review**, v. 2, n. 1, p. 81–98, 2015.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Recursos hídricos no século XXI**. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

UNESCO. **The United Nations World Water Development Report 2019: Leaving no one behind**. [s.l: s.n.].

USEPA. Lessons from the National Estuary Program. p. 8 شماره 8; ص 99-117, 2005.

_____. **National Estuary Program**. Disponível em: <<https://www.epa.gov/nep/overview-national-estuary-program>>.

VALENZUELA, G. B.; GONÇALVES, R. M.; SOUSA, P. H. G. DE O.; QUEIROZ, H. A. DE A. Fragmentação da Paisagem na Região Metropolitana de Aracaju-SE, Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 71, n. 3, p. 647–678, 2019.

WANDERLEY, L. DE L. A DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA E URBANO-AMBIENTAL DO SISTEMA FLÚVIO- MARINHO RIO SERGIPE-RIO POXIM, EM ARACAJU, SERGIPE, NORDESTE DO BRASIL. **Geonordeste**, n. 2, p. 56–79, 2013.

WETZ, M. S.; HAYES, K. C.; FISHER, K. V. B.; PRICE, L.; STERBA-BOATWRIGHT, B. Water quality dynamics in an urbanizing subtropical estuary(Oso Bay, Texas). **Marine Pollution Bulletin**, v. 104, n. 1–2, p. 44–53, 2016.

WHITFIELD, A.; ELLIOTT, M. Ecosystem and Biotic Classifications of Estuaries and Coasts. *In*: **Treatise on Estuarine and Coastal Science**. [s.l.] Elsevier Inc., 2012. v. 1p. 99–124.

WOODHOUSE, P.; MULLER, M. Water Governance—An Historical Perspective on Current Debates. **World Development**, v. 92, p. 225–241, 2017.

WWAP/ONU. **Wastewater: The Untapped Resource**. [s.l: s.n.]. v. 53

_____. Água E Mudança. **Relatorio Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**, p. 12, 2020.

YABSLEY, N. A.; GILBY, B. L.; SCHLACHER, T. A.; HENDERSON, C. J.; CONNOLLY, R. M.; MAXWELL, P. S.; OLDS, A. D. Landscape context and nutrients modify the effects of coastal urbanisation. **Marine Environmental Research**, v. 158, p. 104936, 2020.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A construção do paradigma da gestão de água

A construção de modelos de gerenciamento de recursos hídricos é influenciada por alterações nas dimensões ambientais, culturais, políticas e científicas, segundo Campos (2013, p. 112) “o meio ambiente molda as culturas das populações; as políticas públicas mudam o ambiente com a construção de grandes infraestruturas; e a política é transformada em decorrência de mudanças culturais.” Nesse sentido, a relação homem-água vem se transformando ao longo dos tempos e pelas necessidades das civilizações.

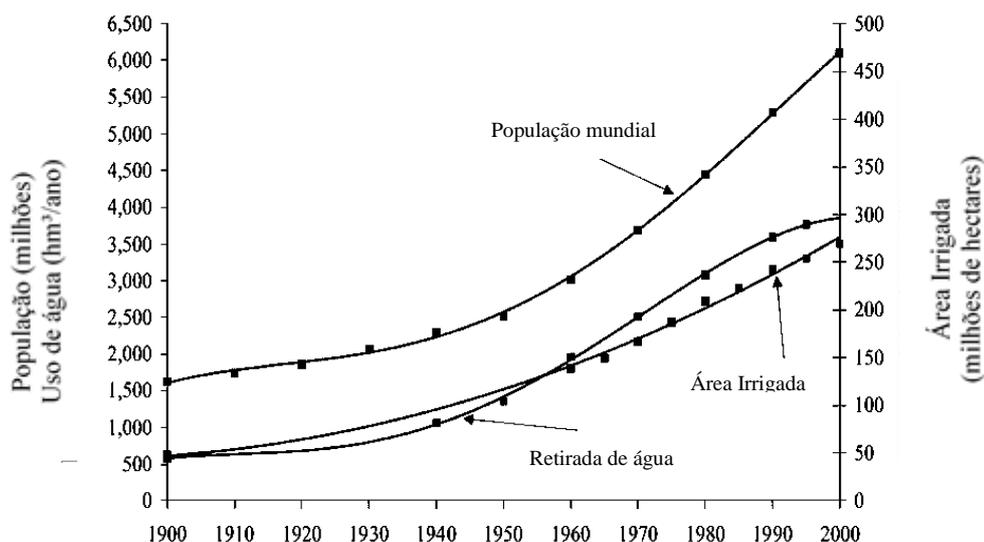
Civilizações antigas como Mesopotâmia, China e Roma foram precursoras em construir estratégias para manejar as águas e reconhecer sua importância com abordagens relacionadas à gestão e à regulamentação em seu uso (CAMPOS, 2013; OWEN, 2015). Existia nesse momento uma relação harmônica, as sociedades antigas tinham como principal atividade a agricultura e essa era realizada de forma a se ter vantagens produtivas com o conhecimento do comportamento dos rios, seus períodos de cheias, áreas de ocupações de margens entre outros.

Ao longo do século XIX, essa relação altera-se com os avanços nos campos dos conhecimentos hidrológicos, sanitários, químicos, a revolução industrial, crescimento populacional, alterações nas estruturas das cidades e da sociedade. Esses fatores afetam negativamente o meio aquático e países europeus iniciam suas estruturações jurídicas para o combate à poluição (CAMPOS, 2013; DUPAS, 2007).

O século XX foi marcado pelo paradigma das águas motivado por demandas cada vez maiores das águas decorrentes de três fatores: crescimento populacional, mudanças no padrão de vida e expansão da agricultura irrigada (GLEICK, 2000). O objetivo desse paradigma estava em solucionar problemas de ofertas de água por meio do entendimento do ciclo hidrológico e com isso projetar e construir mais obras hidráulicas, sob um projeto de avanço técnico-científico e a busca do progresso.

Conforme mostra a Figura 01, a população mundial crescia de forma exponencial, passa de 1.600 milhões em 1990 para 6.000 milhões de habitantes em 2000 e, concomitantemente, cresciam as demandas por áreas irrigadas e por volume de água em uso. No entanto, a partir dos anos 60, a soma das ações transformadoras do homem para alcançar esse projeto demonstram-se destrutivas e geram degradação dos recursos naturais, em processos ecológicos e ameaçam a existência humana.

Figura 01 - População mundial, uso da água e área irrigada.



Fonte: alterado de Gleick (2000).

Diante disso, debates teóricos e políticos surgem questionando as externalidades socioambientais associadas a um sistema econômico que em seu crescimento não considera as suas internalização e reconhecendo a necessidade de mudanças na atual forma de desenvolvimento (SACHS, 2008; VEIGA, 2017).

Essas mudanças influenciaram também o paradigma das águas, entre as décadas de 70 e 80, as profundas preocupações ambientais, os orçamentos apertados, os novos avanços tecnológicos e o desenvolvimento de alternativas inovadoras provocaram mudanças nas abordagens e estimulam outras soluções aos recursos hídricos. Investimentos em obras hidráulicas tornam-se onerosos e incorporam custos ocultos decorrentes da destruição de ecossistemas e perda de espécies, do deslocamento populacional, da inundação de sítios culturais, do processo de assoreamento e da contaminação das fontes de água (GLEICK, 2000).

As medidas tomadas incorporam princípios do emergente “paradigma ambiental”, pautando-se no planejamento e no gerenciamento dos recursos, priorizando o uso de medidas não-estruturais². Ademais, mudanças jurídicas ocorreram e nas novas formas de administração e organização das instituições que planejam e gerenciam os recursos hídricos

² Por medidas estruturais entende-se aquelas que requerem a construção de alguma estrutura para o controle de escoamento e na qualidade das águas, a exemplo de barragens e adutoras entre outras, já as não-estruturais constituem-se dos programas ou atividades que não requerem tal construção como zoneamento de ocupação de solos, regulamentos contra desperdício de água (MOTA, 2008).

surgiram, possibilitando a implementação de novas iniciativas legais e institucionais em vários países, a partir do final do século XX (TUNDISI; TUNDISI, 2011).

O Quadro 01 apresenta uma síntese dos princípios básicos para o gerenciamento seguro dos recursos hídricos resultantes de eventos, como: a Conferência das Nações Unidas para a Água, em 1977; a Década Internacional de Abastecimento de Água Potável e Saneamento, entre 1981-1990; a Consulta Global sobre Água Potável e Saneamento, em 1990; a Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente, em 1992; a Cúpula de Desenvolvimento Sustentável, em 2015.

Quadro 01 – Princípios básicos para o gerenciamento dos recursos hídricos.

A ÁGUA É ESSENCIAL À VIDA	A água doce é um recurso finito e vulnerável, essencial para a vida, o desenvolvimento e o meio ambiente.
GERENCIAMENTO INTEGRADO DOS RECURSOS HÍDRICOS	<p>Baseia-se na percepção da água como parte integrante do ecossistema, recurso natural e bem social e econômico, cuja quantidade e qualidade determinam a natureza de sua utilização. O uso dos recursos hídricos deve ser dado prioritariamente à satisfação das necessidades básicas e à proteção dos ecossistemas;</p> <p>Deve incluir integração de aspectos relacionados à terra e às águas, dever ser feito em nível de bacia hidrográfica;</p> <p>Os governos são responsáveis pela criação e por assegurar a conservação dos recursos e o papel das águas.</p>
VALOR DA ÁGUA	<p>Para cada pessoa deve ser destinado um valor mínimo de água, considerando-a como bem social e econômico;</p> <p>A água tem valor econômico em todos os seus tipos de uso;</p> <p>Deve haver uma compatibilidade do valor social, ambiental e econômico da água;</p> <p>A água deve ser vista como um recurso finito com valor econômico e com significativas implicações sociais e econômicas, que refletem a importância de atender necessidades básicas;</p> <p>Durante a avaliação do valor econômico da água, além de valor de mercado, devem ser inclusos fatores externos a conservação ambiental e a sustentabilidade dos recursos naturais.</p>
A ÁGUA DEVE SER PROTEGIDA	<p>A terra e a água devem ser protegidas contra a degradação em longo prazo, ameaça à produção de alimentos, aos sistemas aquáticos, à saúde humana e à biodiversidade;</p> <p>Os recursos naturais da bacia devem ser protegidos, a fim de conservar os recursos hídricos;</p> <p>É responsabilidade do Estado estabelecer parâmetros quantitativos e qualitativos para as águas;</p> <p>Todos os danos ao meio ambiente devem ser compensados e remediados pelo poluidor, o que, no mínimo, não pode ser interpretado como direito de poluir.</p>
PARTICIPAÇÃO DOS INTERESSADOS	<p>As decisões devem ser tomadas no nível mais baixo indiciado, mediante consulta pública e envolvimento de usuário no planejamento e na implementação dos projetos sobre a água;</p> <p>O desenvolvimento e o gerenciamento do uso da água devem basear-se em uma abordagem participativa que envolva usuários, planejadores e políticas em todos os níveis;</p> <p>As mulheres desempenham papel central na provisão, no gerenciamento e na proteção das águas.</p>

Fonte: adaptado de Tundisi; Tundisi (2011).

A mais recente iniciativa de governança global, formalizada pela Organização das Nações Unidas, também contempla o gerenciamento de recursos hídricos. A Agenda 2030 é um plano de ações que apresenta 17 Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS) englobando 169 metas a serem alcançadas até o ano de 2030 e pretende criar um novo modelo global que possa acabar com a pobreza, promover a prosperidade e o bem-estar de todos, proteger o ambiente e combater as alterações climáticas, a partir do desenvolvimento de formas de cooperação e parcerias com governos, sociedade civil e outros agentes sociais, a fim de tornar possível um projeto tão ambicioso (CASTRO FILHO, 2018).

Nessa agenda global, a ODS número 06 expressa uma preocupação aos problemas relacionados com a água e o saneamento básico, visando assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos. Dentre as seis metas a serem atingidas destaca-se a meta 6.3 que intenciona melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de substâncias perigosas, diminuindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente (ONU, 2015).

O cumprimento dessa meta se mostra bastante audacioso e desafiador, pois, observou-se que cenários de escassez hídrica e estresse hídrico, bem como, a prevalência e aumento da poluição hídrica em várias regiões do mundo ameaçam a qualidade da água em todo o planeta (ONU, 2018; UN WATER, 2018). Ainda, conforme afirma o documento, problemas de qualidade da água são persistentes em todos os países, sejam eles pobres ou ricos e tem como consequências “a perda de corpos d’água de elevada qualidade, a impactos associados às mudanças hidromorfológicas, ao aumento dos contaminantes emergentes e a proliferação de espécies invasoras.” (UN WATER, 2018, p. 4).

Os desafios persistem em confrontar realidades de conflitos, de desigualdades de acesso e de poder, requisitando um maior envolvimento e cooperação entre países, tendo em vista, que somente 14 países estão no caminho de atingir a cobertura universal de saneamento, em 20 países está cobertura anda piorando e em 89 nações, a universalização dos serviços está lenta (ONU, 2018).

Nessa conjuntura, a atual agenda internacional se esforça para conseguir enquadrar a água como uma das suas áreas centrais. A ONU faz valer a crença de que o setor de recursos hídricos no mundo só será priorizado a partir da gestão desses recursos, na qual há o reconhecimento da necessidade de se elaborar e executar políticas públicas coerentes em nível

regional, nacional e internacional e pode contar com a ação de instituições transparentes com credibilidade em todos os níveis (SILVA, *et al.*, 2012).

Segundo Silva e Pruski (2000, p. 4) a gestão ou o gerenciamento de recursos ambientais pode ser definida como a:

[...] articulação do conjunto de ações dos diferentes agentes sociais, econômicos ou socioculturais iterativos, objetivando compatibilizar o uso, o controle e a proteção deste recurso ambiental, disciplinando as respectivas ações antrópicas, de acordo com a política estabelecida para o mesmo, de modo a atingir o desenvolvimento sustentável.

Especificamente para os recursos hídricos, Grigg (1996 apud CAMPOS; STUDART, 2001, p. 2) define como sendo “a aplicação de medidas estruturais e não estruturais para controlar os sistemas hídricos, naturais e artificiais, em benefício humano e atendendo a objetivos ambientais”.

Esse processo é dado sob três elementos: o objeto, envolve os corpos d’águas; o sujeito, engloba os diversos usos, usuários e instituições que requerem e afetam esses corpos; e as ações, tentativas de resolver possíveis conflitos (CAMPOS; STUDART, 2001). O processo de gerenciamento dessas ações é o que viabilizaria uma relação sustentável entre as águas e seus múltiplos usos.

A articulação de ações deve estar em consonância com um sistema, uma política e um modelo. Segundo Silva e Pruski (2000), o sistema de gerenciamento envolve o conjunto de organismo, agências e instalações governamentais e privadas; a política contém as diretrizes gerais para as articulações; e o modelo estabelece a organização administrativa e funcional.

De modo geral, o modelo atualmente implementado na maioria dos países envolve uma abordagem holística, participativa e integrada com uso da Bacia Hidrográfica (BH) como unidade territorial. Denominado de sistemático de integração participação, esse modelo caracteriza-se por apresentar objetivo estratégico de qualquer reformulação institucional e legal, bem conduzida, e busca integrar sistemicamente os quatro tipos de negociação social: econômica, política direta, político-representativa e jurídica, com a adoção de três instrumentos (LANNA; CÁNEPA, 1994; SILVA; PRUSKI, 2000):

➤ Planejamento estratégico por bacia hidrográfica: baseado no estudo de cenários futuros alternativos e estabelecimento de metas alternativas específicas de desenvolvimento integrado dos usos múltiplos e de proteção do ambiente no âmbito de uma bacia hidrográfica, com prazos definidos, meios financeiros e instrumentos legais requeridos;

➤ Estabelecimento de instrumentos legais e financeiros necessários à implementação de planos e programas de investimentos: de forma a captar recursos financeiros necessários para implementação das decisões;

➤ Tomada de decisão através de deliberações multilaterais e descentralizadas: com a constituição de um colegiado no qual participem representantes de instituições públicas, de instituições privadas, usuários, comunidades e de classes políticas e empresariais atuantes na bacia.

Além do desenho institucional planejado, a análise comparativa de Theodoro; Nascimento; Heller (2016, p. 123) na gestão em 15 países demonstrou que arranjos sociais, políticos e históricos também mantêm uma forte influência nos resultados da gestão de recursos hídricos em cada país, “de forma geral, questões urbanas, políticas macroeconômicas, aumento dos riscos ambientais atuais fazem com que as instituições hídricas encontrem grandes desafios para sua consolidação como órgãos com maior autonomia de atuação.”

O Quadro 02 apresenta alguns aspectos sobre o gerenciamento de recursos hídricos que ocorrem em alguns países. O impacto positivo desse processo em alguns desses países como Alemanha, França, Portugal, Austrália e Canadá envolve planejamento a longo prazo, investimentos no gerenciamento de recursos de forma, espaço para a democratização das decisões e instrumentos de controle de poluição e captação de recurso.

Quadro 02 - Algumas características do gerenciamento dos recursos hídricos em vários países.

PAISES	DIRETRIZ	ASPECTOS
ALEMANHA, FRANÇA E PORTUGAL	Directiva Quadro d'Água (DQA), promulgado em 2000, pelo Parlamento Europeu	Cobrança e licenças para uso da água e lançamento de efluentes; Atuação dos municípios; BH como unidade de planejamento; Planejamento a longo prazo; maior facilidade de financiar projetos com subsídios do governo, privatização e parcerias público-privado.
AUSTRÁLIA	Ato da Água de 2007	Institui uma comissão composta por representantes intergovernamentais que subsidiam programas e políticas e junto ao comitê comunitário promove um fórum para discussão de prioridades de investimentos a longo prazo de assuntos de interesse.
CHINA	Lei da Água de 1988 (alterada em 2002);	Regulamenta, junto a políticas provinciais, problemas no país como alocação de água devido à escassez hídrica, aprovação de usos entre outros; Sofre uma exagerada participação do governo central; Há pouca fiscalização dos usos da água; Inconsistência nas informações e nos dados dos planos do governo central e provincial.
CANADÁ	Canada Water Act (1985), do National Water Policy (1987) e do Canadian Environmental	Gestão descentralizada; Coordenação de programas e políticas; envolvendo distintas instituições, níveis e grande número de atores de

	Protection Act (1999) e regulamentos em níveis federal, municipal e provincial	organizações da sociedade civil.
ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA	Clean Water Act (1948); Water Resources Planning Act (1965)	Gestão centralizada e burocrática, mesmo estados autônomos, há uma forte influência do governo federal; Instrumentos para controle de poluição, além de institucionalmente contar com uma estrutura composta pelo Conselho de Recursos Hídricos e Comissões de Bacia Hidrográfica.
AMÉRICA LATINA E DO CARIBE	----	Em processo de conduzir reformas na legislação e nas organizações envolvidas com o gerenciamento.
BRASIL, CHILE, COLÔMBIA, JAMAICA, MÉXICO	----	Realizaram reformas legais e institucionais no gerenciamento hídrico, com instituição de leis, instrumentos, órgão, mas enfrentam problemas quanto a implementação local.

Fonte: organizada a partir de CANALI *et al.* (2000); CASTRO (2012); THEODORO; NASCIMENTO; HELLER (2016); VEIGAS; MAGRINI (2013); VOULVOULIS; ARPON; GIAKOUMIS (2017).

Contudo, alguns dos países enfrentam dificuldades nesse processo, tanto os instrumentos quanto as instituições caminham em ritmos muito diferentes para a consolidação das políticas propostas (THEODORO; NASCIMENTO; HELLER, 2016). Dentre as várias dificuldades (falta de um planejamento a longo prazo, orçamentos comprometidos, governança local entre outros) destaca-se os desafios da implementação de um modelo com adoção de medidas que possibilitem a participação efetiva das comunidades, usuários e autoridades públicas, tanto no planejamento quanto na tomada de decisões (GIAKOUMIS; VOULVOULIS, 2018).

Uma característica comum no modelo de gestão, especialmente nas nações democráticas é a deliberação multilateral e descentralizada que, envolta numa cultura política de negociação, de representação da diversidade, de transparência e acesso às informações, gera espaços de representação na forma de conselhos e comitês (MILANI, 2008). Segundo WEHN *et al.* (2018) o envolvimento das partes interessadas está no cerne dos Princípios de Governança da Água, formulados pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, em inglês, OECD) em 2015 e tornou-se um requisito central para projetos relacionados à água em muitos contextos diferentes.

Para KOCHSKÄMPER *et al.* (2016) o conceito de participação é multidisciplinar e está integrado as dimensões de comunicação e colaboração, envolvimento das partes interessadas e delegação de poder aos participantes apresentando efeitos potenciais, positivos e negativos, a qualidade ambiental dos resultados da governança de acordo com 04 mecanismos-chaves, apresentados no Quadro 03.

Quadro 03 - Prós e Contras dos mecanismos de participação.

Mecanismo-chave	Pontos Positivos	Pontos Negativos
Abertura da tomada de decisão a grupos ambientais ou outros atores que buscam preocupações ambientais.	Com o aumento do número de representação, os valores e argumentos específicos apresentados podem redirecionar as abordagens estabelecidas, mudar as posições políticas dos atores e melhorar a qualidade dos resultados.	Podem ser cooptados por interesses mais poderosos ou serem privados de meios eficazes de perseguir objetivos ambientais.
Incorporação de conhecimento ambiental.	Pode fornecer conhecimento local detalhado ou especializado que pode ser mais preciso ou específico do que o conhecimento normalmente disponível para os tomadores de decisão.	O processo demanda um diálogo aberto e justo, facilitação de processos de grupo e tempo suficiente propícios para uma troca efetiva de conhecimento, além de uma certa vontade política.
Interação pelo diálogo.	Diferentes tipos de benefícios podem ser alcançados como ganhos mútuos e orientação para o bem comum.	Depende do tipo de interação dialógica (negociação ou deliberação) e há necessidade de criação espaços de negociação e barganha que permitam a deliberação entre os participantes e uma argumentação racional.
Aceitação, implementação e conformidade.	Satisfação das partes interessadas com a própria decisão ou com a natureza do processo auxiliam a implementação e a conformidade.	Influência de variados fatores, transparência, modos abertos e igualitários de comunicação, participação precoce em todos os estágios da formulação de políticas e moderação e facilitação eficazes.

Fonte: organizado a partir de KOCHSKÄMPER *et al.* (2016).

Embora a consulta às partes interessadas aumente a qualidade da decisão tomada tanto substantivamente, em relação à custo-efetividade, e processualmente, em relação à legitimidade, transparência, equidade e responsabilidade, esse processo implica em vários desafios na formulação de políticas. WEHN *et al.* (2018) mostraram que a aprendizagem social e o envolvimento das partes interessadas na governança da água levam um tempo considerável para resultar em mudanças de comportamento e ações. Na análise de Anggraeni; Gupta; Verrest (2019) os desafios consistem na estimativa dos custos e dos benefícios e na avaliação desses fatores avaliação na intensão de persuadir governantes a investir no processo de formulação de políticas.

Diante disso, há necessidade de muito trabalho nas estruturas da gestão para afastar as atividades participativas dos modelos de processo formal de baixo potencial, baixa representação ou baixo poder, de modo a fazer com que o conhecimento local e as aspirações participativas sejam uma oportunidade para desenvolver práticas de gestão orientadas localmente e eficazes (ROLLASON *et al.*, 2018).

2.2 Qualidade ambiental estuarina

2.2.1 Aspectos gerais e processos relacionados à ambientes estuarinos

Os ambientes costeiros abrigam ecossistemas aquáticos ecologicamente e economicamente importantes. Estuários, manguezais, pântanos de sal, recifes de corais, praias arenosas, restingas, dunas oferecerem inúmeros serviços de provisão, regulação, culturais e de suporte resultantes de inúmeros fluxos de energia, processos e funções biogeoquímicos controlados por certos componentes abióticos e bióticos que são exclusivos da estrutura de cada ecossistema.

Dentre os serviços ecossistêmicos prestados por esses ambientes incluem matérias-primas e alimentos, proteção costeira, controle de erosão, manutenção da vida, ciclagem de nutrientes, purificação de água, manutenção da pesca, sequestro de carbono, turismo, recreação, educação e pesquisa (BARBIER *et al.*, 2011; MILON; ALVAREZ, 2019). Em virtude desses serviços, principalmente, nos países em desenvolvimento nas baixas latitudes há uma parte considerável da população que vive ao longo da costa, geralmente, localizados diretamente ou nas proximidades de estuários e depende de seus recursos (JENNERJAHN; MITCHELL, 2013).

Os estuários³ são ambientes aquáticos de transição subdividido em três setores: o inferior, caracterizado pela influência do oceano; o médio; sujeito a mistura da água do mar com a fluvial; e o superior; sujeito a influência da maré mas, predominantemente, constituído por água doce (DAY JR *et al.*, 1989; MIRANDA; CASTRO; KJERVE, 2002).

Eles são considerados áreas de estresse ambiental pelo alto grau de variabilidade causada pelas alterações de salinidades que afetam suas características físico-químicas, como velocidade e direção de correntes, níveis de nutrientes, pH oxigênio, temperatura na dinâmica da coluna de água e dos sedimentos do leito. Além disso, a biota estuarina tolera variações salinas, havendo a presença de espécies estuarinas típicas, de água doce e, predominância, das marinhas que se estressam a certos valores de salinidades (ELLIOTT; QUINTINO, 2007; ELLIOTT; WHITFIELD, 2011; WHITFIELD; ELLIOTT, 2012).

³ Há uma confusão na literatura em definir o estuário ao longo dos anos, conforme apresentado no estudos de ELLIOTT e MCLUSKY (2002); POTTER *et al.* (2010), mas no que eles convergem é que são habitats que experimentam gradação de salinidade junto com um alto grau de turbidez, caracterizado pelas misturas das entradas do oceano próximo em um rio possibilitando a existência de uma biota resiliente as vários estressores.

Não só fatores naturais provocam perturbações nesses ambientes. As atividades e ocupações humanas causam mudança nas bacias hidrográficas que alteram processos biogeoquímica e ecológicos dos ecossistemas costeiros tropicais em geral. Segundo relatório da ONU (UN WATER, 2018) a maior parte da poluição nas zonas costeiras e estuarinas se deve ao estresse antropogênico e à gestão ineficiente das práticas de uso da terra.

O trabalho de Jennerjahn e Mitchell (2013) apresenta três grandes grupos de perigos que afetam os ecossistemas estuarinos, exemplificadas no Quadro 04. As atividades humanas não só alteram fortemente o cenário físico-químico dos estuários, como também, a introdução de substâncias nocivas e extração de recursos, afetem comunidades bióticas.

Quadro 04 - Grupos de perigo para estuários.

GRUPOS	FATORES MODIFICADORES	CONSEQUÊNCIAS
ATIVIDADES HUMANAS	Uso da terra / mudança de cobertura (desmatamento, uso de agroquímicos, conversão); Urbanização (esgoto, poluição, impermeabilização); Supereexploração de recursos naturais (pesca, exploração madeireira, mineração); Alteração da hidrologia da bacia hidrográfica (represamento, diques, canalização); Turismo; Construção costeira; Transporte	Problemas de aporte de sedimentos podendo levar à erosão costeira; Aumento da carga de íons dissolvidos e particulados derivados de fontes antropogênicas (nutrientes/eutrofização, metais e poluentes); Liberação e dispersão em massa de detritos plásticos
MUDANÇA CLIMÁTICA	Temperatura; Distribuição de umidade (precipitação); Sazonalidade; Frequência de eventos climáticos extremos; Nível do mar / acidificação do oceano	Problema da incidência de temperaturas extremas em corais; Papel considerável a desempenhar na atividade fotossintética; na alteração de parâmetros como turbidez e salinidade Afetadas pelo principal fator de correntes de maré e períodos de inundação
EVENTOS EXTREMOS	Riscos geográficos (terremoto, tsunami, erupção do vulcão, deslizamento de terra) Riscos /eventos climáticos (inundações, secas, tempestades) Riscos industriais / outros (derramamento de óleo, acidente nuclear, impacto de meteoros)	Lama de insumos vulcânicos; Impactos das águas pluviais.

Fonte: adaptado de Jennerjahn e Mitchell (2013).

Com a eutrofização e a hipóxia costeira sendo um dos principais desafios da atualidade para essas regiões. Fatores internos e externos tornam a avaliação da qualidade da água nesses ambientes ainda mais complexa, por influenciar em variações temporais e espaciais nas águas pela alteração nas concentrações, especiações e partições físicas de substâncias químicas e na composição e estado da biota aquática no corpo d'água. (ARAÚJO; MELO, 2000; ELLIOTT; WHITFIELD, 2011).

Naturalmente, os ambientes estuarinos são regiões de transição dependentes de regimes hidrodinâmicos indutores de diferentes mecanismos de transporte. Esse regime, segundo Araujo e Melo (2000), é comandado tanto por influências hidrológicas quanto pela interação entre o volume de águas do mar e de águas doces, que afluem e efluem em função das variações das alturas das marés, a planimetria e a batimetria das calhas estuarinas produzindo campos de velocidades responsáveis pelos processos de transporte advectivos e dispersivos.

O fenômeno de maré ocasionado pelas forças de atração gravitacional da Lua e do Sol, relacionados à aceleração centrípeta, age diretamente sobre as massas de águas das bacias oceânicas na Terra. As oscilações apresentam períodos de ocorrência correspondentes a frequência de duas (semidiurno - 12,4 h) ou de uma (diurno - 25,0 h), oscilação por dia. As escalas temporais estão associadas às variações de alturas, influenciadas pelas ondas geradas pela maré astronômica (horas), pelas geradas pelo vento (segundos), por influência meteorológica (dias), correntes oceânicas (meses) entre outros (MIRANDA; CASTRO; KJERVE, 2002).

O processo de mistura de massas de águas doces e marinhas provoca o surgimento de características próprias a esses ambientes que lhe conferem complexidade e dinamismo. Os regimes afetam processos bioquímicos no estuário com alterações iônicas ou de compostos químicos, uma vez que, elementos de maior abundância nos rios são íons de Ca, Si, SO_4^{2-} , enquanto que íons de HCO_3^- , Cl^- , Na^+ , SO_4^{2-} , Mg^{2+} são abundantes nas águas marinhas, conforme mostra o Quadro 05 (CAMPOS, 2010).

Quadro 05 - Composição média dos corpos hídricos marinhos e doces.

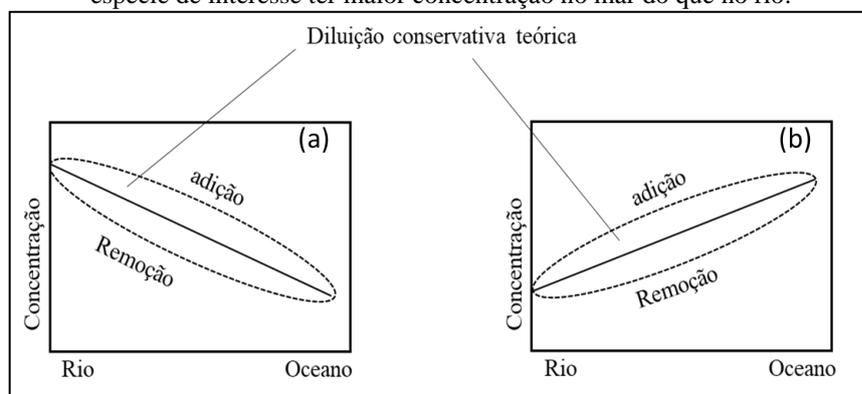
ELEMENTO	ÁGUA DO MAR	ÁGUA DO RIO	FONTE
Cl^- (mg/L)	19.340	8	DAY JR <i>et al.</i> (1989)
Na^+ (mg/L)	10.770	6	
SO_4^{2-} (mg/L)	2.712	11	
Mg^{2+} (mg/L)	1.294	4	
Ca^{2+} (mg/L)	412	15	
HCO_3^- (mg/L)	140	58	
Si (mg/L)	5.000	13.100	
N (mg/L)	250	230	
P (mg/L)	35	20	
COD (mg/L)	1 – 5	10 – 20	
COP (mg/L)	0,1 – 1,0	5 – 10	
Salinidade (ppm)	Média de 35	Menores que 0,5	ESTEVES (2011)
pH	cerca de 8,1	Entre 5 – 8	BIRD (2002)

Em geral, os fatores físicos influenciam nos processos biológicos e químicos fazendo com que os constituintes dissolvidos e particulados se comportem de forma conservativa,

diluindo ao longo do processo ou sofram transformações sendo removidos ou acrescido, a Figura 02 representa o comportamento nesses dois eventos (DAY JR *et al.*, 1989).

O cloreto de sódio, por exemplo, é dado como espécie conservativa pois, no processo de mistura, sua concentração altera apenas com a diluição da água do mar, comportando-se conforme a Figura 02b (CAMPOS, 2010). No meio aquático os sais e os íons podem quantificados diretamente, mas por inúmeras dificuldades deste procedimento, os efeitos de sua presença podem ser dados por medidas como salinidade e condutividade.

Figura 02 – Diagrama de misturas. (a) espécie de interesse tem maior concentração no rio do que no mar. (b) espécie de interesse ter maior concentração no mar do que no rio.



Fonte: Campos (2010).

A salinidade é a medida da quantidade de sais minerais presentes na água, correspondendo ao peso, em gramas, dos sais presentes em 1000 g de água e, em geral, ela atua sobre processos vitais do metabolismo dos organismos vegetais e animais, nos estuários é uma importante medida de distribuição desses no meio e que acabam apresentando estratégias osmorregulatórias ou vivendo em diferentes zonas (ELLIOTT; WHITFIELD, 2011; ESTEVES, 2011). Essa medida é influenciada pelos seguintes fatores: interação com a água do mar, fluxos estuarinos subterrâneos e de afluente, deposição atmosférica, precipitação e evaporação, conforme mostra o Quadro 05, águas doces possuem salinidades $\leq 0,05$ ppm e águas marinhas de 35ppm.

Também Influenciada por esses fatores, a condutividade elétrica mede a capacidade da água de conduzir uma corrente elétrica, associada ao grau em que os sólidos dissolvidos se dissociam em íons variados, auxiliando a detectar fontes de poluição e fornecendo informações sobre processos ecossistêmicos importantes como produção primária e decomposição (ESTEVES, 2011). Na maioria das águas doces ela varia de 10 a 1.000 $\mu\text{S cm}^{-1}$, mas pode exceder esse valor em águas poluídas ou com grandes quantidades de terra escoando ou quando há entrada de cunha salina (CHAPMAN, 1996).

A presença de sólidos e íons dissolvidos ao longo do processo mistura influencia processos químicos como a floculação e a adsorção. Ao passo que as águas do rio adentram o estuários, carregadas por partículas predominantemente negativas como suspensões de silte, argila e ácido húmico coloidal, as mudanças na força iônica, com o acréscimo da salinidade, faz com que as forças interpartículas tornem-se atrativas e quando as partículas colidem, elas aglomeram em flocos e podem sedimentar (DAY JR *et al.*, 1989).

O resultado desse processo são águas de elevada turbidez e de aparência turva, influenciando na penetração da luz e interferindo na fotossíntese (UNCLES *et al.*, 2018). Ademais, os sólidos e seus flocos podem adsorver contaminantes, como metais pesados, pesticidas e nutrientes ou conter um alto conteúdo orgânico e sua decomposição afetar os níveis de oxigênio dissolvido na água (BORDALO; CHALERMWAT; TEIXEIRA, 2015; DEYCARD *et al.*, 2014; ONABULE; MITCHELL; COUCEIRO, 2020).

O processo de mistura também afeta o potencial hidrogeniônico (pH), ocasionando uma resistência a mudanças desse parâmetro em águas estuarinas. Em corpos naturais o pH pode variar entre 6,0 e 8,5 (CHAPMAN, 1996), mas a ocorrência por influência do sistema carbonato, reações (1), (2) e (3), bicarbonato (HCO_3^-) e carbonato (CO_3^{2-}) abundante nas águas marinhas neutralizam o íon de hidrogênio (H^+) das águas doce, estabilizando assim os valores de pH do meio estuarino (BRANDINI *et al.*, 2016). Fatores bióticos podem desequilibrar o pH do meio, um aumento e redução de pH pode ser influência, respectivamente, pela fotossíntese dos fitoplâncton e pela decomposição aeróbica da matéria orgânica.



As atividades bióticas estuarinas tornam os sistemas estuarinos com altas taxas de produtividade primária em decorrência fatores como luminosidade e o aporte de nutrientes das bacias de drenagem devido ao transporte fluvial de sólidos suspensos, pelo intemperismo de rochas e solo e pelo escoamento superficial, deposição e difusão atmosférica, ressuspensão, fixação biológica, fontes pontuais e difusas de atividades antrópicas (agricultura, urbanização) (TAPPIN, 2002).

Particularmente, os nutrientes são denominados como elementos limitantes da produção primária, por serem essenciais ao metabolismo, transferência energética e a

componentes celulares dos seres vivos como constituição de proteínas, estruturação da membrana, compostos genéticos entre outros e em baixas quantidades afetarem a vida de seres autotróficos (ESTEVES, 2011). Diante disso, eles são fatores ecológicos críticos pela importância para o funcionamento e manutenção dos ecossistemas.

Representados por compostos de nitrogênio (N) e fósforo (P) podem ser encontrados como espécies dissolvidas e particuladas, havendo uma tendência nas cargas de partículas suspensas dessa última, embora em sistemas próximos a grandes populações humanas, o nitrato e o P inorgânico dissolvido (fosfato) assumam maior importância.

Estima-se que o fluxo de nutrientes seja cerca de 80-90% e 40-60% do total anual de cargas de N e P para estuários tropicais e temperados, respectivamente. (STATHAM, 2012; TAPPIN, 2002). As crescentes ocupações e atividades humanas irregulares tendem a aumentar os ciclos globais de N e P em média anual de 100% e de 400%, respectivamente (WHITEHEAD; CROSSMAN, 2012), estimando-se aumento do transporte de nutrientes rio-oceano de cerca de 19 para 37 Tg N ano⁻¹ e de 2 a 4 Tg P ano⁻¹ ao longo do século 20 (BEUSEN *et al.*, 2016).

No que se refere à compreensão do fósforo e suas formas, as fontes desse elemento podem ser: antropogênicas, incluem esgoto sanitário, aquicultura, descargas agrícolas (fertilizantes) e detergentes em águas residuárias; e naturais advindas do intemperismo do rochas, oceano e águas subterrâneas (SLOMP, 2012). Os ambientes estuarinos são fluxo de transporte entre rio e mar influenciando nos processos do fósforo por interações inorgânicas e biológicas e esses são parcialmente compreendidos por envolverem complexos processos de entrada, ciclagem e remoção (STATHAM, 2012).

A reatividade e distribuição do P está, em sua maioria, envolto no comportamento fosfato (PO₄³⁻) que pode ser controlada por fatores ambientais como pH, potencial redox (Eh), salinidade, mineralogia do solo, material particulado suspenso (MPS) matéria orgânica, bem como vegetação e fauna (SLOMP, 2012; STATHAM, 2012). Ele pode ser remobilizado dependendo da demanda biológica, sob condições anóxicas ou em condições de trocas com os sedimentos. (MOAL, LE *et al.*, 2019).

Alguns estudos em águas de estuários tropicais evidenciam a necessidade de intervenção na poluição urbanas para a redução desse elemento. No grande estuário de Yangtze/China, XU *et al.* (2015) sugeriu que o ambiente passou de heterotrófico para autotrófico devido ao aumento e à biodisponibilidade do P inorgânico particulado como

resultado do aumento de esgoto e fertilizantes associada à redução de material suspenso particulado. O estudo de Pagliosa *et al.* (2005) em rios do sistema estuarino em Santa Catarina encontraram concentrações de fósforo total cinco vezes maiores em áreas urbanizadas do que em áreas sob de proteção.

Há evidência que os compostos nitrogenados são provavelmente limitantes no crescimento de seres autotróficos em ecossistemas estuarinos e costeiros, mas o fósforo pode também atuar de mesma forma a depender do sistema e estação ou haver ação combinada, existindo a necessidade que os planos de manejo de nutrientes nesses ambientes atuem para reduzir a entrada tanto de compostos de N quanto de P (PAEL *et al.*, 2014; RABALAIAS, 2002).

O aumento da carga de nutrientes tanto N quanto P podem ter como uma resposta ecológica um fenômeno denominado eutrofização. Ele tem como efeito o aumento da biomassa de alga como resposta aos múltiplos processos biogeoquímicas desencadeadas por entradas de nitrogênio e fósforo (LE MOAL *et al.*, 2019; RABALAIAS, 2002). Um desequilíbrio no funcionamento ecossistêmico que sua natureza e intensidade dependem de outros fatores ambientais como longos períodos de permanência na água, altas temperaturas, uma quantidade suficiente de luz e interação com sedimentos.

Os efeitos prejudiciais envolvem a proliferações de espécies oportunistas, indutoras de mudanças na estrutura e no funcionamento de várias comunidades que podem provocar a depleção de oxigênio, emissões tóxicas e afetar pesca, aquicultura, atividades turísticas, recreativas e náuticas (BORDALO; CHALERMWAT; TEIXEIRA, 2015; DAVIS; KOOP, 2006; TAPPIN, 2002). Há uma “nova” crise de eutrofização com causas difíceis de serem encontradas pois, os impactos são consequências de ações múltiplas e muitas vezes cumulativas podendo ser reflexo de atividades antropogênicas passadas e presentes e tem dentre as soluções medidas não-estruturais como a criação de políticas de controle de fontes de metodologias de avaliação de risco (LE MOAL *et al.*, 2019).

A depleção do oxigênio é tanto um dos efeitos do aumento de cargas de nutrientes e eutrofização e, especialmente em águas estuarinas e costeiras, episódios de baixo concentração de oxigênio dissolvido estão cada vez mais severos devido à influência da ocupação e atividades humanas.

Segundo apontado o trabalho de BREITBURG *et al.* (2018), mundialmente, três aspectos, Quadro 06. Eles apontam que a resposta pode afetar processos biológicos e a

distribuição espacial de algumas espécies; provocar alterações do pH do meio, devido a respiração aeróbica ter como subproduto o CO₂; afetar processos biogeoquímico como mineralização, distribuição de metais traços, remineralização anaeróbica de matéria orgânica por desnitrificação e oxidação anaeróbica de amônio leva à perda de nitrogênio biodisponível pela formação de gás nitrogênio (N₂) e favorecendo liberação de substâncias como fósforo e ferro dos sedimentos.

Quadro 06 - Aspectos e impactos que afetam águas costeiras e oceano.

ASPECTO	CONSEQUÊNCIAS
AQUECIMENTO GLOBAL	Reduz solubilidade e salinidade
	Aumento da taxa metabólica reduz [O ₂] e aumenta [CO ₂] podendo causar acidificação do meio
DESCARGAS DE ESGOTO E ESCOAMENTO DE FERTILIZANTES AGRÍCOLAS	Eutrofização
	Aumenta a decomposição microbológica e devido a respiração aeróbica reduz a [O ₂]
MUDANÇAS CLIMÁTICAS	Alterações nos regimes locais de precipitação, evaporação e ventos

Fonte: organizado a partir do review de BREITBURG *et al.* (2018).

A situação se agrava pela desordenada expansão urbana e agrícolas nas bacias hidrográficas que ocasiona alterações hidrológicas, altas cargas de nutrientes e presença e dinâmica de poluentes (poluentes orgânicos persistentes, metais e detritos plásticos) ao longo de toda a ecossistemas estuarina causam impactos negativos como zonas de alta turbidez, eutrofização e depleção de oxigênio (BARLETTA; LIMA; COSTA, 2019).

As condições de depleção de oxigênio podem levar dois condições extremas a hipóxia (< 2 mg/L de oxigênio dissolvido) e anóxia (0 mg/L de oxigênio dissolvido) (KENNISH, 2002). No Brasil, conforme apontam Costa e Barletta (2016), alguns sistemas costeiros encontram-se na situação de hipoxia como a Lagoa Rodrigo de Freitas/Rio de Janeiro, Bacia do Pina/Recife, Baía de Vitória/ Espírito Santo, Lagoa dos Patos/Rio Grande do Sul e demandam ações governamentais envolta no saneamento e no uso integrado do solo. Sendo um dos desafios deste século, elencados pelos autores, não para o Brasil, mas também para o continente mais rico em água do mundo, a formulação de normas que garantam a conservação de grandes porções de bacias hidrográficas e territórios costeiros.

2.2.2 Desafios à sustentabilidade em áreas estuarinas

As ações nas zonas estuarinas precisam responder às consequências de influências naturais e antropogênicas externas, levando em consideração aspectos naturais e sociais numa abordagem sistemática com integração diferentes órgãos governamentais e autoridades

responsáveis por demais recursos naturais, um desafio à governança e à gestão⁴ (ASSCHE, VAN *et al.*, 2020; WHITFIELD; ELLIOTT, 2012).

No que concerne à regulamentação das atividades antrópicas nessa área é um fenômeno recente e exige debates entre os círculos científicos e políticos sobre combinações eficazes de políticas e instrumentos regulatórios. As comunidades costeiras estão situadas em uma borda, uma zona de fronteira socioecológicas de trocas e dependências mais complexas e dinâmicas, e diante disso há alguns desafios (ÁLVAREZ-ROMERO *et al.*, 2011):

- O reconhecimento da região costeira como uma área em si, mais do que uma fronteira;
- A dificuldade de observação na governança em duas direções, entre a terra e o mar;
- A dificuldade de coordenação e integração de políticas, em terra, no mar, entre a terra e o mar que requer novos vínculos e domínios políticos, equilíbrio ente perspectivas globais e transregionais e capacidades de governança em nível local para sua implementação.

Pittman e Armitage (2016) apresentam três abordagens de gestão: a integrada, que pode ser associada a bacias hidrográficas ou oceano; a baseada no manejo e função de funções ecossistêmicas; e o planejamento de conservação terra-mar através das instituições de reservas.

Globalmente, há um maior reconhecimento da Gestão Integrada da Zona Costeira (GIZC). Ela foi apresentada formalmente durante a Conferência das Nações Unidas para o Ambiente e Desenvolvimento, também conhecida como ECO 92, no Rio de Janeiro em 1992, dentro do primeiro programa de ações a caminha do desenvolvimento sustentável, a Agenda 21. Nesse documento, o capítulo 17 apresenta como proposta a GIZC para proteção de regiões costeiras. Desse modelo destaca-se (ONU, 1992):

- Preparação e implementação de políticas de uso e ocupação da terra e da água;
- Planos de contingência para degradação e poluição de origem antropogênica;
- Melhoria dos assentamentos humanos costeiros com infraestrutura de saneamento básico;
- Desenvolvimento e implementação simultânea de critérios de qualidade ambiental.

⁴ Conforme visão de PITTMAN e ARMITAGE (2016), as estratégias de gestão representam uma interação entre a governança e os sistemas a serem governados. Diante dessa relação, a governança representa as estruturas (por exemplo, regras, redes), processos de tomada de decisão, atores e ideias que moldam quais estratégias de gestão são escolhidas e implementadas à luz dos processos terra-mar e ameaças entre os sistemas.

Na análise de Massoud, Scrimshaw e Lester (2004), atualmente, a proporção de programas de GIZC ineficazes para programas bem-sucedidos é alta e os erros são repetidos continuamente. As dificuldades desencadeiam-se em conseguir consistência entre as muitas políticas, falta de harmonização da tomada de decisão e integração entre fatores políticos, funcionais e ecossistêmicos, ambiguidade de objetivos, a falta de indicadores de desempenho e métodos de avaliação, a montagem, a gestão e a análise de grandes quantidades de informações, usos de recursos, poluição e condições ambientais dentro de prazos (PITTMAN; ARMITAGE, 2016; VAN ASSCHE *et al.*, 2020).

Outro ponto a se pensar é dos princípios orientadores dessa gestão. Trabalhos como o de Bremer e Glavovic (2013) e Forrest (2006) recomendam que a interface dessa gestão seja baseado no ecossistema, na adaptação e precaução, interdisciplinar, na ciência preocupada com a melhor forma de mobilizar a ciência para a política e participativa que incentiva o diálogo entre vários sistemas de conhecimento,

Os Estados-membros incorporam esses aspectos com a instituição da Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu. Ela reúne um conjunto de regras destinadas a interromper a deterioração dos corpos d'água na União Europeia, tem como unidade para ações de gestão dos corpos d'água na bacia hidrográfica e como objetivo alcançar o “bom estado ecológico” com a adoção de planos de ações e medidas claras aos Estado-Membro e horizontes de planejamento em três ciclos 2009-2015, 2016-2021 e 2022-2027 (VOULVOULIS; ARPON; GIAKOUMIS, 2017).

Esse documento aborda que para uma política da água eficaz e coerente deve ter em conta a vulnerabilidade dos ecossistemas localizados perto da costa e de estuários, pois o seu equilíbrio é fortemente influenciado pela qualidade das águas interiores que para eles afluem. A proteção do estado das águas nas bacias fluviais proporcionará benefícios econômicos ao contribuir para a proteção dos recursos costeiros (DIRECTIVA 2000/60/CE, 2000).

Viabilizando a implementação de uma grande rede de monitoramento, a Directiva 2000/60/CE, apresenta as diretrizes, conceitos e definições para as avaliações dos corpos d'água nos Estados-Membros, conforme apresenta o Quadro 07, para águas em transição.

Quadro 07 - Elementos utilizados para avaliação de corpos d'água em transição.

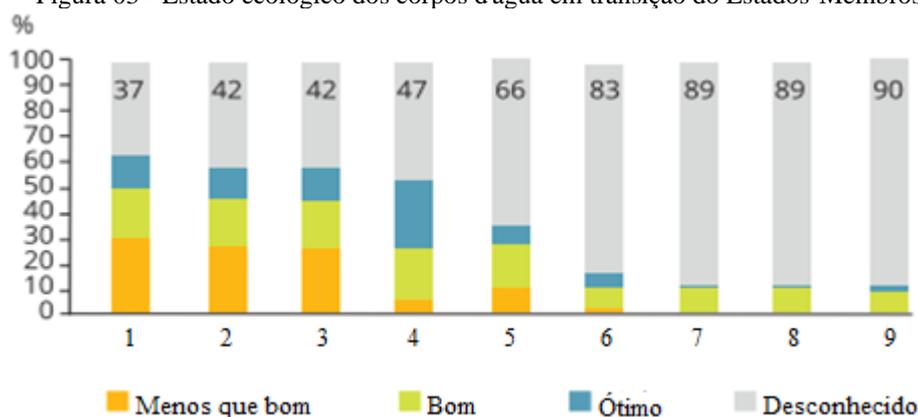
Elementos biológicos	Composição, abundância e biomassa do fitoplâncton; Composição e abundância da restante flora aquática; Composição e abundância dos invertebrados bentônicos; Composição e abundância da fauna piscícola.
Elementos hidromorfológicos de suporte dos elementos biológicos	Condições morfológicas: variação da profundidade quantidade, estrutura e substrato do leito estrutura da zona intermareal;

	Regime de marés: fluxo de água doce e exposição às vagas (ondas forçadas pelo vento).
Elementos químicos e físico-químicos de suporte dos elementos biológico	Elementos gerais: transparência, condições térmicas, condições de oxigenação, salinidade, condições relativas aos nutrientes; Poluentes específicos: poluição resultante de todas as substâncias prioritárias identificadas como sendo descarregadas na massa de água e poluição resultante de outras substâncias identificadas como sendo descarregadas em quantidades significativas na massa de água.

Fonte: organizado a partir do Parlamento Europeu (2000).

A Agência Ambiental Europeia (EEA, 2013) sugere a adoção de ferramentas do GIS e de modelos baseados em estatística e dinâmica computacional com um grande poder de integrar informações e assim auxiliar no processo de planejamento e tomada de decisão. Mesmo implementado em vários países, conforme mostra a Figura 03 o status dos corpos d'água em transição de 25 Estados-Membros ainda demanda melhorias das ações, podemos observar uma grande quantidade de desconhecimento em relação a alguns elementos e que há muito o que se fazer para se alcançar um bom e alto estado ecológico.

Figura 03 - Estado ecológico dos corpos d'água em transição do Estados-Membros.



Legenda: 1 – Parâmetros gerais; 2 – Condições de nutrientes; 3 – Condições de nitrogênio; 4 – Condições de oxigênio; 5 – Condições de fósforo; 6 – Condições de transparência; 7 – Condições de salinidade; 8 – Status de acidificação; 9 – Condições térmicas.

Fonte: adaptado de EEA (2018).

Mudanças do GIZC em Portugal (ALVES, *et al.*, 2013), por exemplo, tem estimulado abordagem mais integrativa e participativa, pela definição de conceitos e limites; por um modelo apoiado em instituições com competências articuladas e corresponsáveis, além de parcerias público-privado e com associações locais; adaptação do modelo ao longo que o conhecimento é reunido, este é refinado e se é definido novos objetivos, moldado também na avaliação de riscos; monitoramento do progresso; além de aumentar o interesse das partes interessadas por meio de consultas às comunidades e ao público em geral.

Ao redor do globo diferentes ações são adotadas a gestão costeira pelos países. Nos estuários urbanizados Australianos (DUNN *et al.*, 2019) planos claros e bem definidos diante

as inúmeras legislações na área, adoção de controle de fontes pontuais e difusas (reduzindo ou controlando o escoamento superficial), programas de monitoramento de rotina da qualidade da água, esforços de pesquisa, atração de partes interessadas e campanhas de educação da comunidade foram alguns dos motivos para um melhora no estado do estuários.

Já na África do Sul (CILLIERS; ADAMS, 2016) o monitoramento inicial de 21 estuários entre 2012 e 2014, mesmo com desafios financeiros, foi um sucesso e contou com a colaboração de autoridades de conservação do governo, fóruns de conservação e municípios locais e distritais.

Quanto à América do Sul, avaliando a gestão de três sistemas estuarinos, Brasil, Argentina e Chile, Campuzano *et al.* (2013) sugere o trabalho conjunto entre cientistas, gestores e políticos trabalhem juntos no campo de GIZC, com uso de modelagem, monitoramento e ferramentas geoespaciais para apoiar a implementação de legislações e políticas locais e avaliar diferentes cenários de utilização das atividades e fontes costeiras, para apoiar decisões de gestão.

Dito isso, um modelo a ser adotado por esses países pode ser a Gestão Integrada de Bacia Hidrográfica e Zona Costeira (UNEP/MAP/PAP, 1999), que sugere a aplicação de ações planejadas e gerenciadas de conflitos associados a múltiplos recursos ambientais e usos da terra nessas áreas. Essa gestão delinea-se ao envolvimento dos stakeholders para se iniciar programas de gestão integrada com o uso de metodologias das condições e previsões existentes como Forças-Oportunidades-Fraquezas-Ameaças (SWOT), delimitação de zonas criteriosas para o implemento de políticas específicas, identificação de conflitos e oportunidades com uso da metodologia Pressão-Estado-Impacto-Resposta (PEIR), identificação de metas e alternativas de ações, desenvolvimento de estratégias, implementação do monitoramento.

Coccosis (2004) sugere as seguintes metas para essa gestão:

- Desenvolver recursos humanos e fortalecer capacidades institucionais;
- Garantir a participação de todos os diferentes atores do setor privado e público, da área a montante e a jusante, etc;
- Proteger os usos tradicionais, quando se mostrarem benéficos tanto para o desenvolvimento socioeconômico local quanto para a proteção e direitos ambientais e o acesso equitativo aos recursos costeiros;

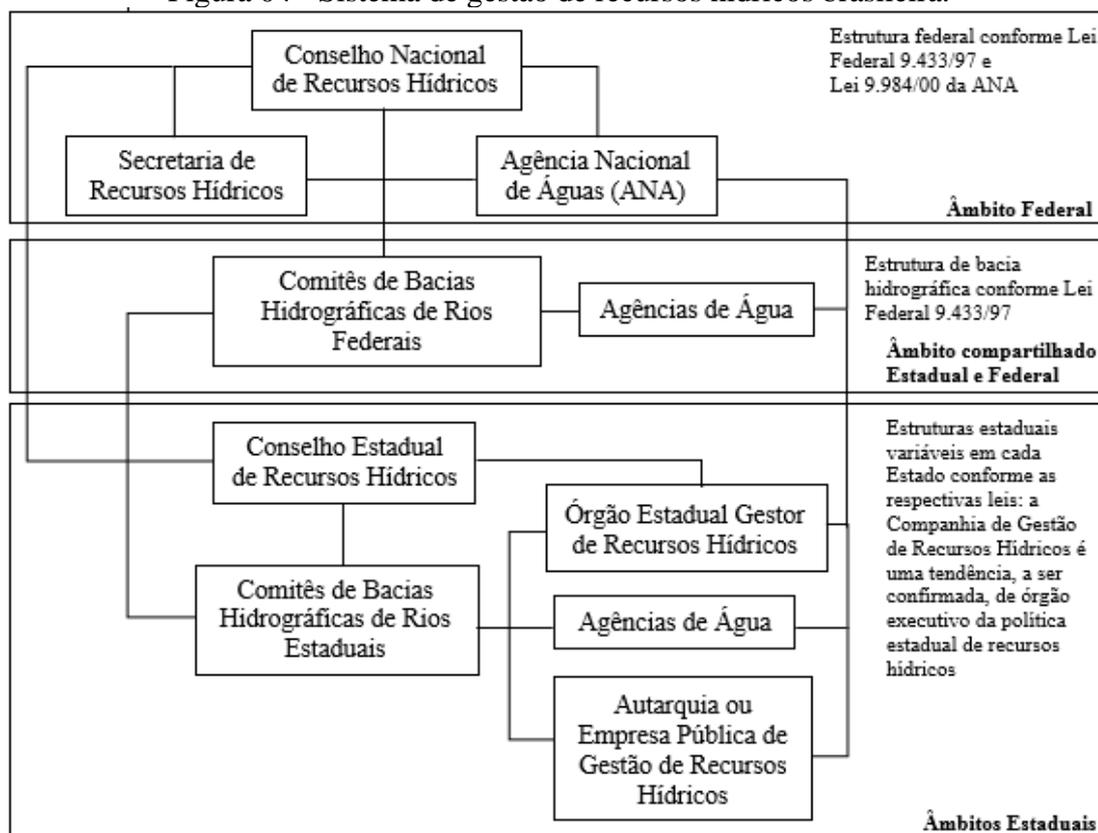
- Identificar onde os recursos podem ser aproveitados sem causar degradação ou degradação
- Incentivar atividades complementares em vez de competitivas;
- Orientar o nível de uso ou intervenção de forma a não exceder a capacidade de suporte dos recursos;
- Renovar ou reabilitar recursos danificados para usos tradicionais ou novos; da base de recursos;
- Garantir que a taxa de perda de recursos renováveis não exceda a taxa de reposição, sustentabilidade nas ações adotadas;
- Garantir a integridade dos ecossistemas costeiros e das bacias hidrográficas;
- Respeitar os processos dinâmicos naturais, incentivando os benéficos e prevenindo;
- Reduzir os riscos aos recursos vulneráveis e prevenir interferências adversas.

2.3 Possibilidades para a gestão integrada no Brasil

A evolução jurídica ambiental no Brasil evolui ao passo que se internaliza as preocupações internacionais quanto ao equilíbrio e degradação ambiental, passando por três momentos: a fase exploratória desregrada, meados de 1500; a fase fragmentária, por volta de 1960, com regularização pontuais; e a fase holística, após 1970, dada com a racionalização e sistematização da proteção ao meio ambiente com a incorporação de princípios do desenvolvimento sustentável (BENJAMIN, 2004).

Essa última visão confere ao campo jurídico das águas brasileiras o propósito de compatibilização os múltiplos usos em uma unidade territorial - a bacia hidrográfica - de forma a garantir a dicotomia quantidade e qualidade hídrica tanto às gerações atuais quanto às futuras (TUNDISI; TUNDISI, 2011). Diante disso, em 1997, é promulgada a Lei Federal Nº 9.433 que regulamenta o Art. 21, § XIX da Constituição Federal de 1988 e institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, com organização institucional apresentada pela Figura 04.

Figura 04 - Sistema de gestão de recursos hídricos brasileira.



Fonte: Lanna (2000 apud TUNDISI; TUNDISI, 2011).

Influenciada pelo modelo Francês, ela incorpora alguns princípios estabelecidos e firmados em conferências internacionais visando “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” e tem os seguintes fundamentos (BRASIL, 1997):

- I - a água é um bem de domínio público;
- II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

A gestão das águas no Brasil é dada pelo tripé da descentralização, que envolve condições institucionais, técnicas, financeiras e organizacionais para a implementação das ações a nível local; da integração entre os sistemas hídricos e a gestão territorial que controla de uso e ocupação do solo; e da participação, compartilhamento na tomada de decisão e implementação das ações (SILVA, D. S.; PRUSKI, 2000).

Além disso, a Lei apresenta cinco instrumentos a serem implementados, são eles (BRASIL, 1997):

- Os Planos de Recursos Hídricos, com as diretrizes da gestão adaptada a cada bacia nacional e estadual.
- O enquadramento dos corpos de água em classes, planejamento a longo prazo dado pelos usos preponderantes da água em classes de qualidade em trechos de cursos d'água. A
- A outorga dos direitos de uso de recursos hídricos, concessão de usos d'água, de forma ao poder público manter um controle quali-quantitativo.
- A cobrança pelo uso da água visa incentivar a racionalização deste recurso pelos seus usuários, internalizando os custos ambientais que qualquer atividade dos múltiplos usos de recursos hídricos acarreta.
- O Sistema Nacional de Informações sobre os Recursos Hídricos subsidiar informações, além de reunir, divulgar e atualizar permanentemente dados sobre qualidade, quantidade, disponibilidade e demanda pelos recursos hídricos do país.

Algumas regiões encontram dificuldades para implementar esses instrumentos, com esforços maiores, em especial, nas pequenas bacias estaduais, mesmo o modelo do Brasil alinhado com as tendências internacionais e apesar dos grandes avanços realizados até o momento (VEIGAS; MAGRINI, 2013). Na visão de Silva (2016) existe uma necessidade de articulação e integração, que colocam em evidência as várias interfaces que devem existir no planejamento e no gerenciamento dos recursos hídricos com as políticas setoriais, com os vários âmbitos de poder administrativo (União, Estados e Municípios) e ainda destes com os comitês de bacias.

A Lei Federal Nº 9.433/1997 viabiliza a incorporação de zonas estuarinas e costeiras as ao gerenciamento dentro do espaço da bacia hidrográfica (BRASIL, 1997). Nessas zonas o principal instrumento a ser implementar é a Zona Ecológica Econômica Costeira (ZEEC), regulamentada no Decreto Federal Nº 5.300/2004, que ordena territorialmente as atividades humanas de forma a assegurar manutenção do capital natural e dos serviços ambientais.

Um estratégia para essa integração é a harmonização entre os instrumentos das duas legislações que impões alguns desafios, mas pode ser benéfico visto que a dimensão socioeconômica será somada a ecológica (LOITZENBAUER; MENDES, 2011; SILVA; KARAM, 2012).

As áreas estuarinas podem ser influenciadas por essa compatibilização. Segundo a proposta de LOITZENBAUER e MENDES (2011) o implemento da outorga nesses áreas viria a manter uma vazão de forma a reduzir a intrusão salina; o enquadramento e o ZEEC poderia ser aplicados em conjuntos, pois a depender da qualidade da água certo uso seria permitido; o comitê seria o integrador permitindo a discussão dos conflitos, arbitragem de soluções e integrando as políticas públicas que tem com a água forte interlocução, sendo um importante articulador para a governança a nível municipal.

Há no âmbito Nacional uma Câmara Técnica de Integração da Gestão das Bacias Hidrográficas e dos Sistemas Estuarinos e Zona Costeira, instituída através da resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) Resolução Nº 51/2005 e dentre as metas dos programas instituídos tem-se a elaboração de um estudo para a definição de indicadores e metodologia de monitoramento da qualidade das águas costeiras e elaboração de proposta piloto para o enquadramento de águas costeira.

Mesmo diante da dificuldade de consolidação, no Brasil há algumas ações voltadas a essa integração, como os casos de Santa Catarina e São Paulo. Na Bacia do Rio Cambariú/SC foi firmado uma parceria universidade e comitê para se identificar e analisar os conflitos decorrente do acelerado desenvolvimento na área, o programa de gestão divide-se em planejamento, coordenação, monitoramento, negociação e manejo de informações. Especificamente, o monitoramento ele dá-se por diversas medidas como parcerias entre diversos órgãos possibilitando medições indicativas de qualidade da água do rio a enseada desde 1994 e de estudos hidrodinâmicos iniciados em 1995 possibilitando o entendimento de vários processos (MUÑOZ, 2000).

Para o estado de São Paulo, MUÑOZ (2000) sugere a integração da gestão bacia hidrográfica e da zona costeira pelos conselhos deliberativos que possuem formatos idênticos e previstos em lei ou através de instrumentos de ordenamento. Uma experiência positiva a da bacia do rio Ribeira de Iguape em que o Grupo de Trabalho do Gerenciamento Costeiro junto ao Comitê de Bacia diante um conflito sobre o destino de uma obra hidráulica, tomaram uma decisão utilizando o zoneamento ecológico-econômico como instrumento de integrar políticas públicas.

Quanto ao monitoramento das águas costeiras, esse estado possui uma rede desde 2010 localizadas ao longo dos 16 municípios costeiros, podendo as áreas de estudos serem subdivididas em salinas (14 áreas) e salobras ou estuarinas (6 áreas). Além de envolver avaliação de parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e ecotoxicológico, há avaliação de

água e sedimento, com a adoção, respectivamente, dos limites estabelecidos pela Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) Nº 375/2005 e de Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME), além dos cálculos dos Índices de Qualidade da Água do CCME e do Índice de Estado Trófico (CETESB, 2019).

2.4 A gestão das interfaces terra-mar sergipanas: os conflitos no estuário do rio Poxim

Menor estado brasileiro com aproximadamente 21.926,90 km², o território sergipano é dividido em oito Bacias Hidrográficas, sendo três federais (rio São Francisco, rio Vaza Barris e rio Real) e cinco estaduais (costeira Sapucaia, costeira Caueira/Abais, rio Japarutuba, rio Sergipe, rio Piauí). Com exutórios no oceano Atlântico, todas as bacias possuem áreas que drenam a zona costeira sergipana. A gestão de recursos hídricos no estado é regulamentada pela Lei Estadual Nº 3.870/1997 apresenta dentre as diretrizes gerais da Política Estadual também possibilita ações de gestão integradas de bacias hidrográficas e zonas costeiras.

Essa zona costeira sergipana é composta por 18 municípios que abrigam cerca de 52,64% da população, tendo cerca de 178 km de extensão e ocupando uma superfície de 4.622,99 km² (SERGIPE, 2016). Atualmente, o estado aprovou a Lei n. 8.634/2019 que institui o Plano e o Sistema Estadual de Gerenciamento Costeiro (PEGC), engloba a proteção a fauna costeira (tartaruga marinhas, aves, peixe-boi, boto), os estuários como áreas de sedimentação e acumulação, o uso e ocupação que resultam em poluição hídrica e atividades petrolíferas.

Em estudo, Vilar e Santos (2011) destacaram algumas necessidades para a gestão do estado, sugerindo que ela seja integrada e sistêmica, sob um modelo territorial que expresse as prioridades e desenhe as principais necessidades, a Lei pode ser um avanço nessa questão, mas sua efetividade recai em dúvida quanto à capacidade das gestões municipais para planejar e programar as políticas ambientais e da necessidade de mais instrumentos, além do zoneamento ecológico-econômico.

Se a recém Política Estadual de Gerenciamento Costeiro surge em meio a muitos desafios, a Política Estadual de Recursos Hídricos também não teve seus instrumentos totalmente efetivados. Possuindo como órgão operacional a Superintendência de Recursos Hídricos (SRH), o Fundo Estadual para captação de recursos financeiro e o Sistema Estadual

de Informação sobre Recursos Hídricos conta com o Portal de Recursos Hídricos, em construção, e com o Atlas Digital em 2012, que reuni informações através de geoferramentas. Das bacias estudais, as bacias do rio Sergipe (3.672.62 km²), Japaratuba (1.664.63 km²) e Piauí (3.930.67 km²) não só possuem planos de recursos hídricos como também comitês regulamentados sob decretos estaduais.

Somente a Bacia Hidrográfica do rio Sergipe possui os instrumentos de outorga e enquadramento instituídos pelo Decreto Estadual Nº 18. 456/1999 e pela Resolução do Conselho Estadual de Recursos Hídricos Nº 40/2019, respectivamente, havendo um estudo, desde 2018, financiado pelo Banco Mundial, para a implantação da cobrança. Mesmo esses avanços na bacia que inclui também a integração do sistema de outorga e licenciamento, existe ainda muitos problemas a se resolver como a totalidade das outorgas emitidas serem de captação, déficit em saneamento básico que causam problemas para se alcançar a classe enquadrada, o baixo efetivo de recursos humanos para funções administrativas e fiscalizatórias entre outros.

A referida bacia é uma das mais importantes por seu alto grau de densidade populacional, por abranger municípios economicamente importantes, mas enfrenta muitos conflitos de usos diversos e é bastante influenciada pelas condições climatológicas, conforme resume a Quadro 08.

Quadro 08 - Diagnóstico geral de problemas na bacia do rio Sergipe.

REGIÃO	CARACTERÍSTICAS
Alto rio Sergipe (Semiárido)	Escassez hídrica; Predominância da população rural; Municípios com baixo saneamento básico.
Médio rio Sergipe (Agreste)	Problemas de manutenção d barragens e açudes; Baixa eficiência no uso da água; Municípios com atendimento insuficiente em serviços de saneamento básico.
Baixo rio Sergipe (Litoral úmido)	Demanda crescente de usos domésticos e industriais; Ocupação irregular de áreas sensíveis como mangues; Baixa eficiência dos serviços de saneamento básico.

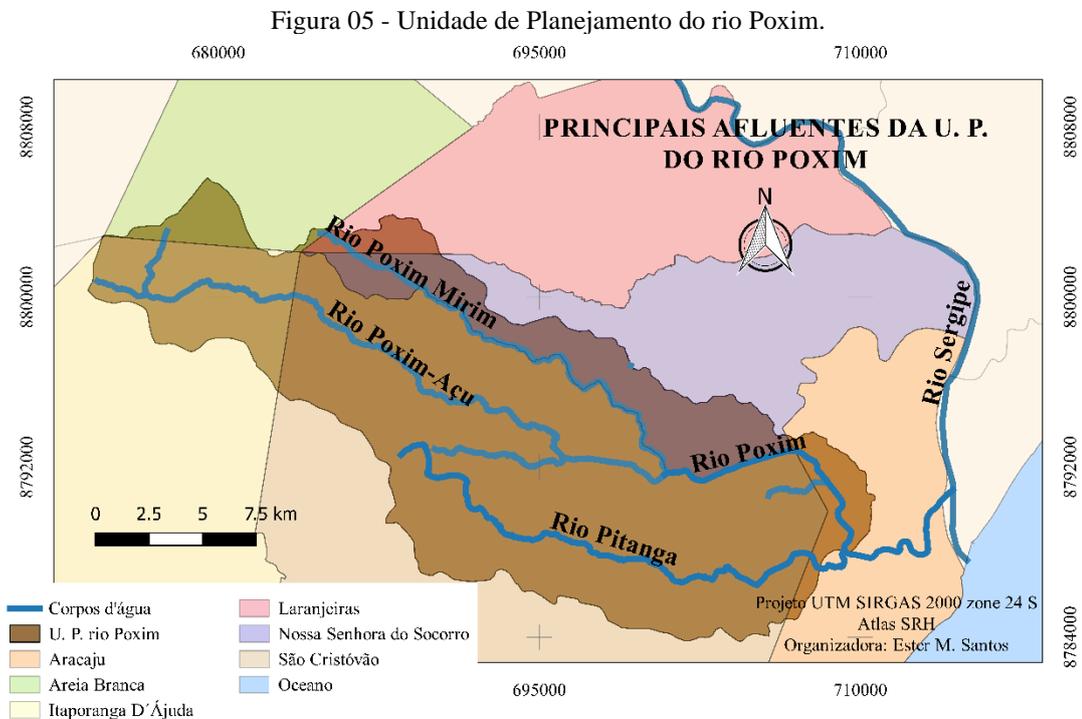
Fonte: adaptado de SERGIPE (2019).

Ademais, nela há cinco Unidades de Planeamentos⁵ e dentre elas a do rio Poxim. De formato alongado, no sentido noroeste-sudeste, essa sub-bacia situa-se na porção leste do

⁵ As Bacias Hidrográficas no estado de Sergipe são subdivididas em Unidades de Planejamento que segundo art. 2º, inc. II, da Resolução do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH/SE) nº 27/2015 são parte da bacia hidrográfica com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar e facilitar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos. Nesse trabalho arbitrou-se essas unidades como sinônimo de sub-bacias hidrográficas.

estado e tem como rios principais o rio Pitanga, Poxim-Açu e Poxim-Mirim, esses dois últimos confluem e formam o rio Poxim. As principais nascentes localizam-se no limite final da Serra dos Cajueiros, município de Itaporanga d’Ajuda, e a foz no complexo estuarino do rio Sergipe/Maré do Apicum (AGUIAR NETTO *et al.*, 2014).

Situada no Baixo Sergipe, os municípios integrantes em geral possuem os problemas apontados no Quadro 08. Conforme mostra Figura 05, são seis municípios que integram a sub-bacia e com exceção do município de Areia Branca, os demais compõem o território da Grande Aracaju, sendo eles: Aracaju, São Cristóvão, Nossa Senhora do Socorro, Laranjeiras e Itaporanga d’Ajuda.



Fonte: elaborado pela autora.

Dada a classificação climática de Köppen, predominantemente, com clima tropical úmido com seca no verão, em virtude da proximidade do mar e pelo baixo relevo exposto aos ventos alísios. A configuração de relevo dá-se pela geologia da formação sedimentar do Grupo Barreiras e a geomorfologia, em maior parte, dos Tabuleiros Costeiros, com formas de relevo homogêneo devido às características sedimentares das rocha dominando colinas com cristas e topos arredondados, embora também se notem os interflúvios tubulares (AGUIAR NETTO, 2006).

A cobertura vegetal também influencia as características climáticas, sendo, predominantemente, inserida no bioma da Mata Atlântica com a presença de manguezais nos

estuários, vegetação de restinga sobre os terrenos arenosos e alguns remanescentes da Floresta Tropical Úmida (AGUIAR NETTO, 2006). Ela promove pouca variabilidade pluvial, amenização das temperaturas e possibilidade de maior retenção de água.

Quanto aos municípios que integram a sub-bacia possuem, majoritariamente, a população concentrada na zona urbana e que sofrem com a falta de planejamento urbano e ineficiente fornecimento de serviços básicos como saneamento, conforme apresentado pela Tabela 01, e essa situação causam impactos aos recursos hídricos próximos.

Tabela 01 - Dados associados aos serviços de saneamento básico nos municípios integrantes da sub-bacia do rio Poxim.

Munic.	IDH 2010	Internações saneamento inadequado 2017 (%)	Índice atendimento de água 2018 (%)	Índice coleta de esgoto 2018 (%)	Índice tratamento de esgoto 2018 (%)	Taxa cobertura coleta resíduo domiciliar 2018 (%)	Taxa cobertura coleta seletiva 2018 (%)
Aracaju	0.770	1.64	99.78	57.39	100	100	41.30
Areia Branca	0.579	1.46	76.65	---	---	48.92	---
Itaporanga d'Ajuda	0.561	---	66.86	---	---	69.42	---
Laranjeiras	0.642	1.47	60.04	---	---	84.55	---
Nossa Senhora do Socorro	0.664	1.16	82.36	53.89	100	98	8.73
São Cristóvão	0.662	2.21	55.07	45.61	100	89.86	---
BRASIL	0.727	2.28	83.62	60.94	74.48	98.80	38.1

Legenda: Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

Fonte: base de dados Atlas Brasil.

O processo de urbanização é responsável por um grande passivo ambiental nesta sub-bacia, influenciado pela presença da cidade de Aracaju, e pela alta concentração de indústrias, comércio e serviços no entorno de uma área denominada Região Metropolitana de Aracaju, nela compreende os municípios de Barra dos Coqueiros, Nossa Senhora do Socorro, São Cristóvão (ALVES, 2006). Além disso, no Município de Aracaju é onde se encontra a região estuarina dessa sub-bacia.

As cidades apresentam-se como áreas vulneráveis à impactos antropogênicos e propensas a desabamentos, inundações, alagamentos sendo as características físicas, bióticas e climáticas alguns entraves das mesmas (SANTANA; ARAÚJO, 2016). As coberturas quaternárias, em geral, holocêntricas que englobam depósitos quaternários diferenciados em flúvio-lagunares, depósitos eólicos litorâneos e depósitos de mangues e a geomorfologia de planícies influenciada por processos naturais de acumulações marinhas, fluviais, flúvio-

marinhas e eólicas (ARAÚJO, 2006; FONTES, 2003). Essas características junto as dinâmicas estuarinas, como ocorre no estuário do Poxim, favorece dinâmicas de acumulação, com a deposição de sedimentos argilo-siltosos nas margens do rio ocorre a medida que a maré adentra o estuário, em um processo de aterramento natural possibilitando a colonização dessa planície pelos manguezais (ARAÚJO, 2006).

O ambiente natural do município impõe alguns desafios para seu crescimento urbano que ocorre desordenado e disperso nas partes mais elevadas com a artificialização de áreas alagadiças mais baixas e aterros descontínuos e desordenados (SILVA, 2016). O avanço urbano oferece riscos aos cursos d'água da cidade, sendo a poluição hídrica uma das principais preocupações. Aracaju, atualmente possui rios com uma baixa disponibilidade hídrica, com cerca de 70% da região metropolitana dependente do sistema adutora do São Francisco situado a mais de 100 km. Complementada com por fontes subterrâneas e pelos rios Poxim e Pitanga que no passado pela boa qualidade de suas águas foram importantes mananciais para o abastecimento da capital e atualmente contribuem com 27% e 10% da oferta de água tratada, respectivamente (ARACAJU, 2010, 2015).

A degradação de mananciais é efeitos negativos da gestão hídrica deficiente e decorre da presença de resíduos sólidos e contribuições difusas e pontuais como efluentes domésticos. A Região Metropolitana de Aracaju (RMA) apresenta problemas relacionados aos baixos índices de coleta e à baixa eficiência dos sistemas tratamento de esgotamento sanitário.

A rede de esgotamento da RMA é composta por complexos sistemas que demandam altos custos e investimentos no setor, constituído pelas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) a ETE Orlando Dantas (afluente do rio Poxim), a ETE Eduardo Gomes (afluente do rio Poxim) e a ETE Visconde de Maracaju (drenagem pluvial) e pelas Estações de Recuperação de Qualidade (ERQ), a ERQ-SUL (rio Pitanga), ERQ-OESTE (afluente do rio Poxim) e ERQ-NORTE (rio Sal), sendo uma localizada em Nossa Senhora do Socorro e as demais em Aracaju. Além disso, a Administração Estadual do Meio Ambiente (ADEMA) no processo de licenciamento faz a exigência de sistemas de esgotamento sanitário em empreendimentos públicos ou privados implantados no território sergipano, a depender de seu potencial poluidor (ARACAJU, 2015).

Diante desses e outros problemas apontados pelo Diagnóstico dos Serviços de Saneamento Básico no Município (ARACAJU, 2015), foi promulgada a Lei Estadual Nº 4.973/2017 que institui o Plano Municipal de Saneamento Básico. A instituição do plano, faz com que a capital avance na resolução dos problemas, possibilitando a arrecadação de

recursos da União, não dependendo de fontes com ações pontuais, norteando e priorizando ações para melhorias nos serviços de saneamento básico, através do planejamento e controle social, prezando pelo bom uso dos recursos públicos.

A capital Aracaju, diante do amadurecimento de suas estruturas normativas e institucionais, abre a possibilidade de integração das políticas de gestão de bacias hidrográficas e costeiras a um nível municipal, podendo dar-se pelos órgãos deliberativos, pelo ordenamento e pelo planejamento territorial ou pelas ações de monitoramento.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR NETTO, A. DE O. DESCRIÇÃO GERAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO POXIM. *In*: SERGIPE (Ed.). . **Diagnóstico e avaliação ambiental da sub-bacia hidrográfica do rio Poxim**. São Cristóvão: UFS, 2006. p. 219.
- AGUIAR NETTO, A. DE O.; COSTA, P. R. S. M.; MENEZES NETO, E. L.; COSTA, A. M. O que existe para além das águas do poxim? Uma reflexão socioeconômica. *In*: VASCO, A. N. DO.; WANDERLEY, L. DE L.; SILVA, M. G. DA. (Eds.). . **Rio Poxim: o rural, o urbano e o ambiental na bacia hidrográfica**. Aracaju: IFS, 2014. p. 15–31.
- ÁLVAREZ-ROMERO, J. G.; PRESSEY, R. L.; BAN, N. C.; VANCE-BORLAND, K.; WILER, C.; KLEIN, C. J.; GAINES, S. D. Integrated land-sea conservation planning: The missing links. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 42, p. 381–409, 2011.
- ALVES, F. L.; SOUSA, L. P.; ALMODOVAR, M.; PHILLIPS, M. R. Integrated Coastal Zone Management (ICZM): A review of progress in Portuguese implementation. **Regional Environmental Change**, v. 13, n. 5, p. 1031–1042, 2013.
- ALVES, J. DO P. H. **RIO SERGIPE : vulnerabilidade e preservação**. São Cristóvão: Editora UFS, 2006.
- ANGGRAENI, M.; GUPTA, J.; VERREST, H. J. L. M. Cost and value of stakeholders participation: A systematic literature review. **Environmental Science and Policy**, v. 101, n. October 2018, p. 364–373, 2019.
- ARACAJU. **Gestão integrada das águas urbanas**. [s.l: s.n.].
- _____. **Diagnóstico do Plano Integrado de Saneamento Básico de Aracaju**. Aracaju: UFS, 2015.
- ARAUJO, A.; MELO, M. Um Plano De Amostragem De Qualidade D’Água Em Estuários: Caso Do Recife. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 4, p. 111–120, 2000.
- ARAÚJO, H. M. DE. Elementos componentes do sistema ambiental físico de Aracaju. *In*: ARAÚJO, H. M. DE; VILAR, J. W. C.; WANDERLEY, L. DE L.; MELO E SILVA, R. (Eds.). . **O ambiente urbano: visões geográficas de Aracaju**. São Cristóvão: Departamento de Geografia da UFS, 2006. p. 15–42.
- ASSCHE, K. VAN; HORNIDGE, A. K.; SCHLÜTER, A.; VAIDIANU, N. Governance and the coastal condition: Towards new modes of observation, adaptation and integration. **Marine Policy**, v. 112, n. January 2019, p. 103413, 2020.
- BARBIER, E. B.; HACKER, S. D.; KENNEDY, C.; KOCH, E. W.; ATIER, A. C.;

- SILLIMAN, B. R. The value of estuarine and coastal ecosystem services. **Ecological Monographs**, v. 81(2), n. 2, p. 169–193, 2011.
- BARLETTA, M.; LIMA, A. R. A.; COSTA, M. F. Distribution, sources and consequences of nutrients, persistent organic pollutants, metals and microplastics in South American estuaries. **Science of the Total Environment**, v. 651, p. 1199–1218, 2019.
- BENJAMIN, A. H. V. Introdução ao Direito Ambiental Brasileiro. **Cadernos do Programa de Pós-Graduação em Direito–PPGDir./UFRGS**, v. 2, n. 5, 2004.
- BEUSEN, A. H. W.; BOUWMAN, A. F.; BEEK, L. P. H. VAN; MOGOLLÓN, J. M.; MIDDELBURGLBURG, J. J. Global riverine N and P transport to ocean increased during the 20th century despite increased retention along the aquatic continuum. **Biogeosciences**, v. 13, n. 8, p. 2441–2451, 2016.
- BIRD, C. **Química Ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- BITTENCOURT, A. C. DA S. P.; MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J. M. L.; FERREIRA, Y. DE A. Evolução paleogeográfica quaternária da costa do estado de Sergipe e da costa sul do estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 13, n. 2, p. 93–97, 1983.
- BORDALO, A. A.; CHALERMWAT, K.; TEIXEIRA, C. Nutrient variability and its influence on nitrogen processes in a highly turbid tropical estuary (Bangpakong, Gulf of Thailand). **Journal of Environmental Sciences (China)**, v. 45, p. 131–142, 2015.
- BRANDINI, N.; RODRIGUES, A. P. DE C.; ABREU, I. M.; COTOVICZ JUNIOR, L. C.; KNOPPERS, B. A.; MACHADO, W. Nutrient behavior in a highly-eutrophicated tropical estuarine system. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 28, n. 0, 2016.
- BRASIL. **LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997** 1997
- BREITBURG, D. *et al.* Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. v. 7240, n. January, 2018.
- BREMER, S.; GLAVOVIC, B. Mobilizing Knowledge for Coastal Governance: Re-Framing the Science-Policy Interface for Integrated Coastal Management. **Coastal Management**, v. 41, n. 1, p. 39–56, 2013.
- CAMPOS, J. N. B. A GESTÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS: Uma perspectiva histórica. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, p. 111–121, 2013.
- CAMPOS, M. L. A. M. **Introdução à biogeoquímica de ambientes aquáticos**. Cmpinas, SP: Editora Átomo, 2010.
- CAMPOS, N.; STUDART, T. M. DE C. **Gestão de Águas: princípios e práticas**. Fortaleza ed. [s.l.] ABRH, 2001.
- CAMPUZANO, F. J.; MATHEUS, M. D.; LEITÃO, PAULO C.; LEITÃO, PEDRO C.; MARÍN, V. H.; DELGADO, L. E.; TIRONI, A.; PIERINI, J. O.; SAMPAIO, A. F. P.; ALMEIDA, P.; NEVES, R. J. Integrated coastal zone management in South America: A look at three contrasting systems. **Ocean and Coastal Management**, v. 72, p. 22–35, 1 fev. 2013.
- CANALI, G. V.; CORREIA, F. N.; LOBATO, F.; MACHADO, E. S. **Water resources management brasilian and european**. Porto Alegre: ABRH, 2000.
- CASTRO, C. N. DE. Gestão das águas: experiências internacional e brasileira. p. 80, 2012.
- CASTRO FILHO, C. M. DE. Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável: uma leitura de política pública na clave da biblioteca escolar. **RDBCI: Rev. Digit. Bibliotecon. Cienc.**

Inf., v. 16, n. 3, p. 355–372, 2018.

CETESB. **Qualidade das águas costeiras no estado de São Paulo 2019**. São Paulo: [s.n.].

CHAPMAN, D. **Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring**. 2. ed. Cambridge: UNESCO/WHO/UNEP, 1996.

CILLIERS, G.; ADAMS, J. Development and implementation of a monitoring programme for South African estuaries. **Water SA**, v. 42, n. 2, p. 279, 3 maio 2016.

COCCOSSIS, H. Integrated coastal management and river basin management. **Water, Air, and Soil Pollution: Focus**, v. 4, n. 4–5, p. 411–419, 2004.

COSTA, M. F.; BARLETTA, M. Special challenges in the conservation of fishes and aquatic environments of South America. **Journal of fish biology**, v. 89, n. 1, p. 4–11, 2016.

DAVIS, J. R.; KOOP, K. Eutrophication in Australian rivers, reservoirs and estuaries - A southern hemisphere perspective on the science and its implications. **Hydrobiologia**, v. 559, n. 1, p. 23–76, 2006.

DAY JR, J. W.; KEMP, W. M.; YÁÑEZ-ARANCIBIA, A.; CRUMP, B. C. **Estuarine ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1989.

DEYCARD, V. N.; SCHÄFER, J.; BLANC, G.; COYNEL, A.; PETIT, J. C. J.; LANCELEUR, L.; DUTRUCH, L.; BOSSY, C.; VENTURA, A. Contributions and potential impacts of seven priority substances (As, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, and Zn) to a major European Estuary (Gironde Estuary, France) from urban wastewater. **Marine Chemistry**, v. 167, p. 123–134, 2014.

DIRETIVA 2000/60/CE. DIRETIVA 2000/60/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 23 de Outubro de 2000. **Jornal Oficial das Comunidades Europeias**, n. 7, p. 1–72, 2000.

DUNN, R. J. K.; WALTHAM, N. J.; HUANG, J.; TEASDALE, P. R.; KING, B. A. Protecting Water Quality in Urban Estuaries: Australian Case Studies. *In: Coasts and Estuaries: The Future*. [s.l.] Elsevier, 2019. p. 69–86.

DUPAS, G. O mito do progresso. **Novos Estudos CEBRAP**, n. 77, p. 73–89, 2007.

EEA. **Balancing the future of Europe's coasts**. [s.l.: s.n.].

_____. **European Waters: Assessment of status and pressures 2018**. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2018.

ELLIOTT, M.; MCLUSKY, D. S. The need for definitions in understanding estuaries. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 55, n. 6, p. 815–827, 2002.

ELLIOTT, M.; QUINTINO, V. The Estuarine Quality Paradox, Environmental Homeostasis and the difficulty of detecting anthropogenic stress in naturally stressed areas. **Marine Pollution Bulletin**, v. 54, n. 6, p. 640–645, 2007.

ELLIOTT, M.; WHITFIELD, A. K. Challenging paradigms in estuarine ecology and management. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 94, n. 4, p. 306–314, 2011.

ESTEVEZ, F. DE A. (COORD. . **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

FONTES, A. L. **O QUATERNÁRIO COSTEIRO E O MUNICÍPIO DE ARACAJU(SE) CONGRESSO SOBRE PLANEJAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA, 2., CONGRESSO DA**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 9., CONGRESSO DO QUATERNÁRIO DOS PAÍSES DE LÍNGUA IBÉRICAS, 2. **Anais...**Recife: 2003

FORREST, C. Integrated coastal zone management: A critical overview. **WMU Journal of Maritime Affairs**, v. 5, n. 2, p. 207–222, 2006.

GIAKOUMIS, T.; VOULVOULIS, N. A participatory ecosystems services approach for pressure prioritisation in support of the Water Framework Directive. **Ecosystem Services**, v. 34, n. October, p. 126–135, 2018.

GLEICK, P. H. A look at twenty-first century water resources development. **Water International**, v. 25, n. 1, p. 127–138, 2000.

JENNERJAHN, T. C.; MITCHELL, S. B. Pressures, stresses, shocks and trends in estuarine ecosystems - An introduction and synthesis. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 130, p. 1–8, 2013.

KENNISH, M. J. Environmental threats and environmental future of estuaries. **Environmental Conservation**, v. 29, n. 1, p. 78–107, 2002.

KOCHSKÄMPER, E.; CHALLIES, E.; NEWIG, J.; JAGER, N. W. Participation for effective environmental governance? Evidence from Water Framework Directive implementation in Germany, Spain and the United Kingdom. **Journal of Environmental Management**, v. 181, p. 737–748, 2016.

LANNA, A. E.; CÁNEPA, E. M. O gerenciamento de bacias hidrográficas e o desenvolvimento sustentável: uma abordagem integrada. **Ensaio FEE**, n. 15, p. 269–282, 1994.

LOITZENBAUER, E.; MENDES, C. A. B. A dinâmica da salinidade como uma ferramenta para a gestão integrada de recursos hídricos na zona costeira: uma aplicação à realidade brasileira. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 11, n. 2, p. 233–245, 2011.

MASSOUD, M. A.; SCRIMSHAW, M. D.; LESTER, J. N. Integrated coastal zone and river basin management: A review of the literature, concepts and trends for decision makers. **Water Policy**, v. 6, n. 6, p. 519–548, 2004.

MILANI, C. R. S. O princípio da participação social na gestão de políticas públicas locais: uma análise de experiências latino-americanas e européias. **Revista de Administração Pública**, v. 42, n. 3, p. 551–579, 2008.

MILON, J. W.; ALVAREZ, S. The elusive quest for valuation of coastal and marine ecosystem services. **Water (Switzerland)**, v. 11, n. 7, p. 1–19, 2019.

MIRANDA, L. B. DE; CASTRO, B. M. DE; KJERVE, B. **Princípios de oceanografia física de estuários**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002.

MOAL, M. LE; GASCUEL-ODOUX, C.; MÉNESGUEN, A.; SOUCHON, Y.; ÉTRILLARD, C.; LEVAIN, A.; MOATAR, F.; PANNARD, A.; SOUCHU, P.; LEFEVRE, A.; PINAY, G. Eutrophication: A new wine in an old bottle? **Science of the Total Environment**, v. 651, p. 1–11, 2019.

MUÑOZ, H. R. **Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos Desafios da lei de águas em 1997**. Brasília: [s.n.].

ONABULE, O. A.; MITCHELL, S. B.; COUCEIRO, F. The effects of freshwater flow and salinity on turbidity and dissolved oxygen in a shallow Macrotidal estuary: A case study of Portsmouth Harbour. **Ocean and Coastal Management**, v. 191, n. August 2019, p. 105179, 2020.

ONU. **REPORT OF THE UNITED NATIONS CONFERENCE ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT**. [s.l.: s.n.]. v. 26162

____. Universalização do saneamento está lenta demais na maior parte dos países. 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development**. 2015.

OWEN, D. M. Changing the paradigm: Managing water throughout the cycle for total water solutions. **Journal - American Water Works Association**, v. 107, n. 6, p. 54–59, 2015.

PAEL, H. W.; HALL, N. S.; PEIERLS, B. L.; ROSSIGNOL, K. L. Evolving Paradigms and Challenges in Estuarine and Coastal Eutrophication Dynamics in a Culturally and Climatically Stressed World. **Estuaries and Coasts**, v. 37, n. 2, p. 243–258, 2014.

PAGLIOSA, P. R.; FONSECA, A.; BOSQUILHA, G. E.; BRAGA, E. S.; BARBOSA, F. A. R. Phosphorus dynamics in water and sediments in urbanized and non-urbanized rivers in Southern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 50, n. 9, p. 965–974, 1 set. 2005.

PITTMAN, J.; ARMITAGE, D. Governance across the land-sea interface: A systematic review. **Environmental Science and Policy**, v. 64, p. 9–17, 2016.

POTTER, I. C.; CHUWEN, B. M.; HOEKSEMA, S. D.; ELLIOT, M. The concept of an estuary: A definition that incorporates systems which can become closed to the ocean and hypersaline. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 87, n. 3, p. 497–500, 2010.

RABALAIAS, N. N. Nitrogen in aquatic ecosystems. **Ambio**, v. 31, n. 2, p. 102–112, 2002.

ROLLASON, E.; BRACKEN, L. J.; HARDY, R. J.; LARGE, A. R. G. Evaluating the success of public participation in integrated catchment management. **Journal of Environmental Management**, v. 228, n. September, p. 267–278, 2018.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. 3. ed. [s.l.: s.n.].

SANTANA, L. B. DE; ARAÚJO, H. M. DE. Avaliação da fragilidade ambiental e riscos associados da região metropolitana de Aracaju/ Sergipe. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, n. 0, p. 1347–1357, 2016.

SERGIPE. **Atlas digital sobre os recursos hídricos de Sergipe**. [s.l.: s.n.].

____. **Enquadramento dos corpos d'água da bacia hidrográfica do rio Sergipe**. Aracaju: SEMARH, 2019.

SILVA, D. A. DA. **Nos (dos) Meandros Ambientais : A Natureza das Águas Urbanas em Aracaju**. [s.l.] UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE, 2016.

SILVA, D. S.; PRUSKI, F. F. **Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos e sociais**. Porto Alegre: ABRH, 2000.

SILVA, H.; KARAM, V. Elementos para a integração da gestão de bacias hidrográficas e da zona costeira. **Revista Jurídica**, v. 2, n. 29, p. 111–133, 2012.

SILVA, J. B.; GUERRA, L. D.; IORIS, A. A. R.; FERNANDES, M. A crise hídrica global e as propostas do Banco Mundial e da ONU para seu enfrentamento. **Revista Cronos**, v. 11, n. 2, 2012.

SLOMP, C. P. **Phosphorus Cycling in the Estuarine and Coastal Zones: Sources, Sinks, and Transformations**. [s.l.] Elsevier Inc., 2012. v. 5

STATHAM, P. J. Nutrients in estuaries — An overview and the potential impacts of climate change. **Science of the Total Environment**, v. 434, p. 213–227, 2012.

- TAPPIN, A. D. An examination of the fluxes of nitrogen and phosphorus in temperate and tropical estuaries: Current estimates and uncertainties. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 55, n. 6, p. 885–901, 2002.
- THEODORO, H. D.; NASCIMENTO, N. DE O.; HELLER, L. Análise comparativa da gestão institucional de recursos hídricos via estudo de casos internacionais. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 13, n. 2, p. 110–128, 2016.
- TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de textos, 2008.
- _____. **Recursos hídricos no século XXI**. São Paulo: Oficina de textos, 2011.
- UN WATER. Relatório-síntese 2018 do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6). 2018.
- UNCLES, R. J.; HOOPER, T.; STEPHENS, J. A.; HARRIS, C. Seasonal variability of turbidity, salinity, temperature and suspended chlorophyll in a strongly tidal sub-estuary: The Lynher Marine Conservation Zone. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 212, n. July, p. 253–264, 2018.
- UNEP/MAP/PAP. **Conceptual Framework and Planning Guidelines for Integrated Coastal Area and River Basin Management**. Split ed. [s.l.] Priority Actions Programme, 1999.
- VEIGA, J. E. DA V. A primeira utopia do antropoceno. **Ambiente & Sociedade**, n. 2, p. 233–252, 2017.
- VEIGAS, L. B. E.; MAGRINI, A. The Brazilian Water Resources Management Policy: Fifteen Years of Success and Challenges. **Water Resources Management**, v. 27, n. 7, p. 2287–2302, 2013.
- VILAR, J. W. C.; SANTOS, M. A. N. As Áreas Litorâneas De Sergipe (Brasil): Da Análise Geográfica a Gestão Integrada Do Território. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, p. 1–19, 2011.
- VOULVOULIS, N.; ARPON, K. D.; GIAKOUMIS, T. The EU Water Framework Directive: From great expectations to problems with implementation. **Science of the Total Environment**, v. 575, p. 358–366, 2017.
- WEHN, U.; COLLINS, K.; ANEMA, K.; BASCO-CARRERA, L.; LEREBOURS, A. Stakeholder engagement in water governance as social learning: lessons from practice. **Water International**, v. 43, n. 1, p. 34–59, 2018.
- WHITEHEAD, P. G.; CROSSMAN, J. Macronutrient cycles and climate change: Key science areas and an international perspective. **Science of the Total Environment**, v. 434, p. 13–17, 2012.
- WHITFIELD, A.; ELLIOTT, M. Ecosystem and Biotic Classifications of Estuaries and Coasts. *In*: **Treatise on Estuarine and Coastal Science**. [s.l.] Elsevier Inc., 2012. v. 1p. 99–124.
- XU, H.; NEWTON, A.; WOLANSKI, E.; CHEN, Z. The fate of phosphorus in the Yangtze (Changjiang) Estuary, China, under multi-stressors: Hindsight and forecast. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 163, n. PB, p. 1–6, 1 set. 2015.

3 DINÂMICA ESPACIAL E SUAS CONSEQUÊNCIAS SANITÁRIAS EM UM ESTUÁRIO LOCALIZADO NA REGIÃO METROPOLITANA BRASILEIRA

Resumo

O crescimento das técnicas geotecnologias e desenvolvimento do SIG facilitam a extração de informações, contribuindo no processo de ordenamento territorial e, conseqüentemente, na tomada de decisão. Os estuários tropicais brasileiros sofrem, ao longo dos anos, forte pressão do avanço urbano impulsionado pelo crescimento populacional sendo locais de alta densidade populacional que podem ser investigados utilizando tais técnicas. Essa pesquisa visa compreender as causas e conseqüências do avanço do espaço urbano, em 28 anos, num estuário localizado na cidade de Aracaju/SE, com foco num levantamento das condições sanitárias. Foi verificado que as maiores variações de aumento urbano ocorreram no período entre 1990 e 2000, cerca de 23%, impulsionada pelo crescimento econômico da cidade. Já a maior redução de vegetação ocorreu entre 2010 e 2016, aproximadamente, uma perda de 37%, impulsionada pela pressão imobiliária. Entre 2016 e 2018 observou-se um adensamento do espaço urbano consolidado. O crescimento urbano não foi acompanhado pelo provimento de infraestrutura básica, particularmente, esgotamento sanitário, questão que ainda é um desafio para a gestão pública. As conseqüências envolvem ecossistemas naturais degradados, poluição das águas e assoreamento da calha do rio Poxim, repetidos episódios de alagamentos, afetando moradores locais. A complexidade na resolução das questões socioambientais no estuário requer uma atuação mais forte do poder público em cumprir a atual legislação brasileira, diante a sua inobservância de uma estrutura urbana consolidada.

Palavras-chave: Multitemporal. Urbanização. Saneamento Básico. Sensoriamento Remoto.

3.1 Introdução

A escala e a velocidade do processo de urbanização na costa geram mudanças no uso da terra nunca antes vistas e o ajuste a essas mudanças deve refletir-se no modelo de gestão das áreas costeiras e seus serviços ecossistêmicos (BARRAGÁN; ANDRÉS, 2015). As alterações nessas áreas podem provocar desequilíbrios a corpos d'água, ameaçando não somente infraestruturas sociais, mas processos ambientais e ecossistêmicos, padrões de qualidade, transferência de nutrientes (BARLETTA; LIMA; COSTA, 2019).

As cidades costeiras atraem cada vez mais pessoas, embora essas áreas cubram, aproximadamente, 4% da área total da Terra e 11% da área oceânica, elas contêm mais de um terço da população humana da Terra, apresentam mais que o dobro da densidade da população de áreas do interior e taxas mais altas de crescimento populacional (MILON; ALVAREZ, 2019; NEUMANN *et al.*, 2015). Estima-se que os custos anuais globais da poluição de águas costeiras seja cerca de US \$ 16 bilhões (MEA, 2005).

Os estuários e ambientes costeiros estão ameaçados pela pressão antrópica cada vez mais intensa em muitas partes do mundo, principalmente pelo crescimento dos assentamentos

urbanos. No Brasil, essa pressão inicia na época colonial com a exploração intensa da Mata Atlântica e volta a se intensificar em meados do século XX com o “boom” turístico para essas áreas (DIAS *et al.*, 2013).

O avanço nessas áreas associado a falta de políticas públicas adequadas e de investimentos em infraestruturas básicas, como saneamento, tem causado impactos a qualidade desses ambientes. O sensoriamento remoto em conjunto com o Sistema de Informação Geográfica (SIG) pode ser uma ferramenta eficaz na detecção de mudanças com os satélites permitindo cobrir uma grande área e fornecer mudanças temporais na cobertura de terra, inclusive avaliando interferências urbanas (CARSTENS; AMER, 2019; NAMUGIZE, JEWITT; GRAHAM, 2018).

Estudos com uso dessa ferramenta permitem, dentre outras possibilidades, investigar como dá-se o avanço urbano e suas interferências em recursos ambientais, permitindo auxiliar no planejamento para a tomada de decisões. LIU *et al.* (2020), num período de 15 anos, relacionaram reduções nos valores de serviços ecossistêmicos numa bacia costeira na China ocasionadas por alterações ocasionadas pelas atividades humanas e expansão urbana. Na avaliação de ROJAS *et al.* (2019), mesmo com a implementação do Plano Urbano, entre 2004 e 2014 foi observado uma redução de 30% das áreas úmidas protegidas devido a avanço urbano, na região costeira de Concepción (Chile).

Os desafios das metrópoles urbanas do mundo, principalmente aquelas localizadas em áreas costeiras são grandes, principalmente, para o cumprimento das legislações de proteção ambiental (INOUYE *et al.*, 2015). Diante desse empasse, dá-se os conflitos de ocupação e uso do estuário do rio Poxim, localizado na capital do estado de Sergipe, Aracaju.

A capital é fruto de um projeto progressista do final do século XIX (VILAR, 2006) e possui algumas vulnerabilidade e fragilidades conferidas pelas características físicas de formação geológica recente, as instabilidades meteorológicas e ecossistemas fisicamente inconsolidados e ecologicamente (FONTES, 2003; SANTANA; ARAÚJO, 2016).

O conhecimento do avanço urbano possibilita, principalmente na América Latina, contribuir com práticas de integração das questões ambientais em políticas de planejamento do uso da terra e nas estratégias de desenvolvimento e de proteção da biodiversidade e serviços ecossistêmicos (PAUCHARD; BARBOSA, 2013).

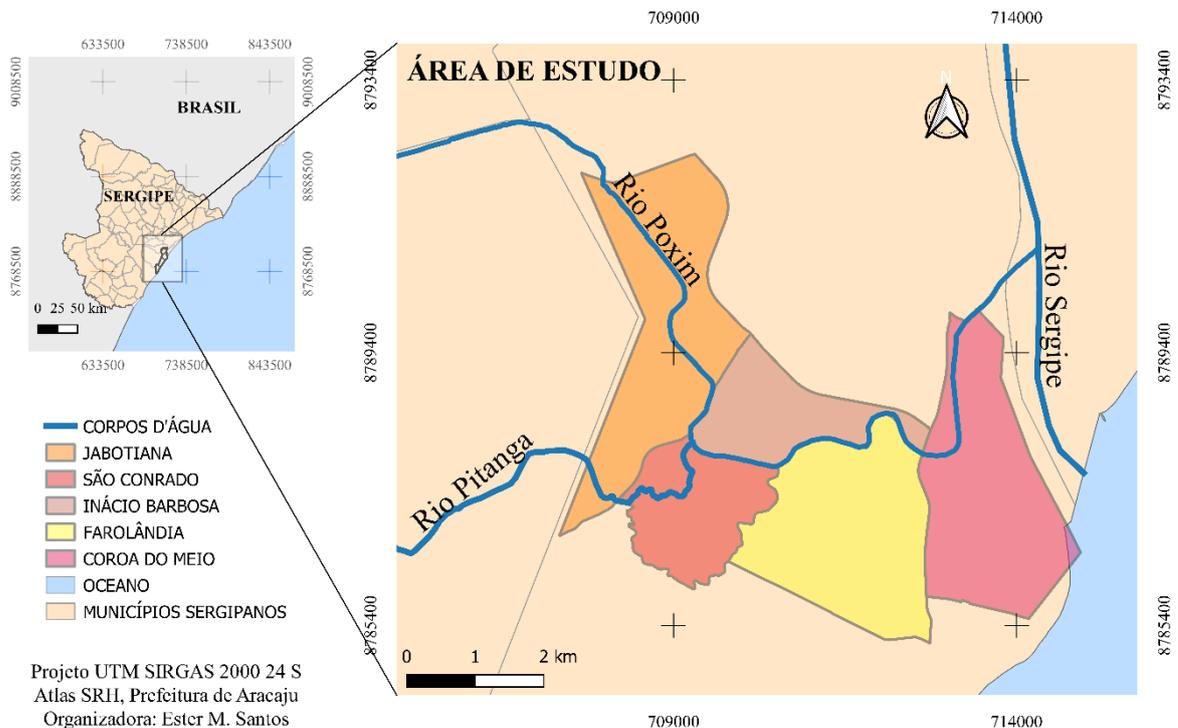
Esse trabalho visa compreender as causas e consequências do avanço do espaço urbano entre os anos de 1990, 2000, 2010, 2016 e 2018 nas áreas que margeiam o estuário do

rio Poxim. Como os conflitos entre ocupação urbana e recursos ambientais vêm marcando a consolidação do município e despertam a necessidade para redimensionar um processo de crescimento urbano sustentável.

3.2 Metodologia

A área em estudo corresponde ao trecho estuarino do rio Poxim, localizado integralmente no município de Aracaju/SE. Ele é limitado pela Rodovia João Bebe Água (SE-065) e o deságue na Maré do Apicum, próximo ao Parque dos Cajueiros (Avenida Beira Mar), conforme Figura 06.

Figura 06 - Objeto de estudo.



As transformações espaciais foram realizadas através de técnicas de geoprocessamento e cartografia e teve como objeto de análise o processo de urbanização em diferentes escalas temporais na área compreendida pelos bairros. Utilizou-se imagens do satélite Landsat, com resolução de 30 metros, dos anos de 1990, 2000, 2010, 2016 e 2018 que foram adquiridas gratuitamente da *United States Geological Survey (USGS)* pelo *USGS EarthExplorer*. A escolha dos períodos dá-se levando em conta os censos demográficos, que ocorrem a cada 10 anos, porém devido à alta incidência de nuvens nas imagens de 2020 fez-se análise de imagens de 2016 e 2018. O Quadro 09 detalha as informações quanto as imagens adquiridas.

Quadro 09 – Informações gerais das imagens de satélite adquiridas.

IMAGEM 1990	IMAGEM 2000	IMAGEM 2010	IMAGEM 2016	IMAGEM 2018
Satélite Landsat 5	Satélite Landsat 7	Satélite Landsat 5	Satélite Landsat 8	Satélite Landsat 8
Instrumento/sensor	Instrumento/sensor	Instrumento/sensor	Instrumento/sensor	Instrumento/sensor
TM	TM	ETM	OLI	OLI
Órbita/Ponto	Órbita/Ponto	Órbita/Ponto	Órbita/Ponto	Órbita/Ponto
215/67	215/67	215/67	215/68	215/68
02/06/1990	30/12/2000	25/06/2010	13/09/2016	11/03/2018
Bandas 5 4 3	Bandas 7 4 2	Bandas 5 4 3	Bandas 6 5 4	Bandas 6 5 4

Organizado pela autora com dados do INPE e da USGS.

O software livre QuantumGis foi utilizado no geoprocessamento das imagens e construção cartográfica. As etapas envolveram a seguinte sequência: Pré-processamento; Classificação Supervisionada do Uso e Ocupação; Produto Cartográfico de Uso e Ocupação.

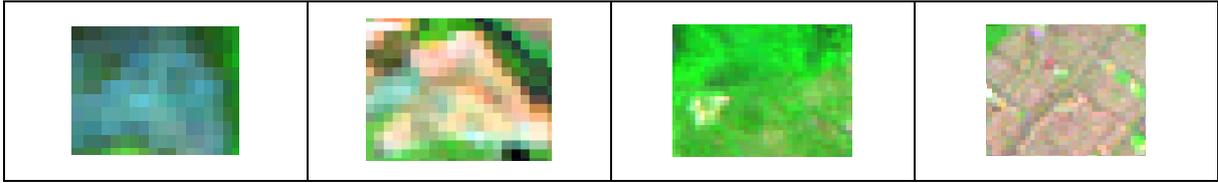
O pré-processamento envolve a sobreposição das três bandas de cada ano e a construção de uma composição que realce as classes de avaliação. Antes disso, elas foram reprojadas (*Reproject Layer*) para o Sistema Geodésico Brasileiro, o SIRGAS2000 zone 24S e, posteriormente, as bandas foram sobrepostas (*Merge*) numa composição falsa, cor que permite a observação das classes em análises. Essa composição gerada foi recortada tendo como molde os polígonos das limitações dos seguintes bairros aracajuano as margens do rio: Jabotiana, São Conrado, Inácio Barbosa, Farolândia e Coroa do meio.

Para a etapa de classificação supervisionada foi utilizada o plugin *Semi-Automatic Classification*, que utiliza um algoritmo para determinar pixels que representam valores de refletância característicos para uma determinada classe. Essa ferramenta permite que o algoritmo reconheça agrupamentos semelhantes de pixels ao longo da imagem de amostras digitalizadas de polígonos dada uma classe (MAIA *et al.*, 2017; PEREIRA; GUIMARÃES, 2019).

Foram determinadas quatro classes para avaliação. Conforme mostra o Quadro 10, classe da água que engloba corpos d'água naturais e artificiais; classe do solo exposto são áreas não vegetadas no momento da captação da imagem; classe da vegetação envolve as diversas formações da área como mangues, mata ciliar, floresta ombrófila, espaços verdes urbanos, restingas; e classe das áreas urbanas incluem os aglomerados de casas e prédios e infraestruturas.

Quadro 10 - Exemplo dos conjuntos de pixels por classes de uso.

ÁGUA	SOLO EXPOSTO	VEGETAÇÃO	ÁREAS URBANAS
------	--------------	-----------	---------------



Para avaliar a qualidade do classificador foram utilizados a medida de Acurácia Global (AG), dada pela matriz de confusão, e o Coeficiente Kappa (CK). Elas baseiam-se em comparar a assinatura espectral de pixel que são amostras de uma dada imagem com os pixels do resultado da classificação e assim verificar a concordância entre as classificações geradas pelo algoritmo e amostras do espaço real (MANGABEIRA; AZEVEDO; LAMPARELLI, 2003). Valores de AG acima dos 85% (ANDERSON, 1971) ou de CK acima de 0,61 (LANDIS; KOCH, 1977) indicam precisões aceitáveis para o processo.

Após a avaliação, com uso da calculadora do software cálculos de áreas para cada classe por ano foram realizados e reunidos em tabela de atributos. Como produto final foi construído um mapa reunindo as imagens dos 05 anos e a partir de manipulação matemática das informações das tabeladas foi possível a construção de gráficos para análise das intervenções nas classes ao longo dos anos.

Também a partir dessas informações foi realizada uma análise exploratória utilizando a Correlação Linear de Pearson e o Modelo de Regressão Linear Simples, para verificar relações entre as variáveis crescimento populacional e urbanização. Ademais, o levantamento bibliográfico permitiu compreender as causas das transformações espaciais ocorridas.

De forma a agregar as informações das condições sanitários, foi estimado o potencial poluidor das áreas que contribuem diretamente ou indiretamente com lançamentos de esgoto no rio para o ano de 2020 através da metodologia de Mota (2008) e Sperling (2014), para lançamento diretos sem tratamento (4) e advindos de algum tratamento (5), com valor de carga per capita de 54 g de DBO_{5,20}/hab.d e população estimada com base nos censos demográficos de 2000 e 2010 e contagem populacional de 1996 e 2007 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

$$\text{Carga Direta (g/d)} = \text{Pop. (hab)} \times \text{Carga per capita (g/hab.d)} \times (100\% - \% \text{Pop. Atend.}) \quad (4)$$

Em que: Pop é população; %Pop. Atend. é a percentagem da população atendida por esgotamento sanitário.

$$\text{Carga Rem. (g/d)} = \text{Pop. (hab)} \times \text{Carga per capita (g/hab.d)} \times (1 - \text{ef.}) \quad (5)$$

Em que: rem. é remanescente; pop. é população; e ef. é a eficiência da ERQ e ETE e varia $0 < \text{ef} < 1$, respectiva.

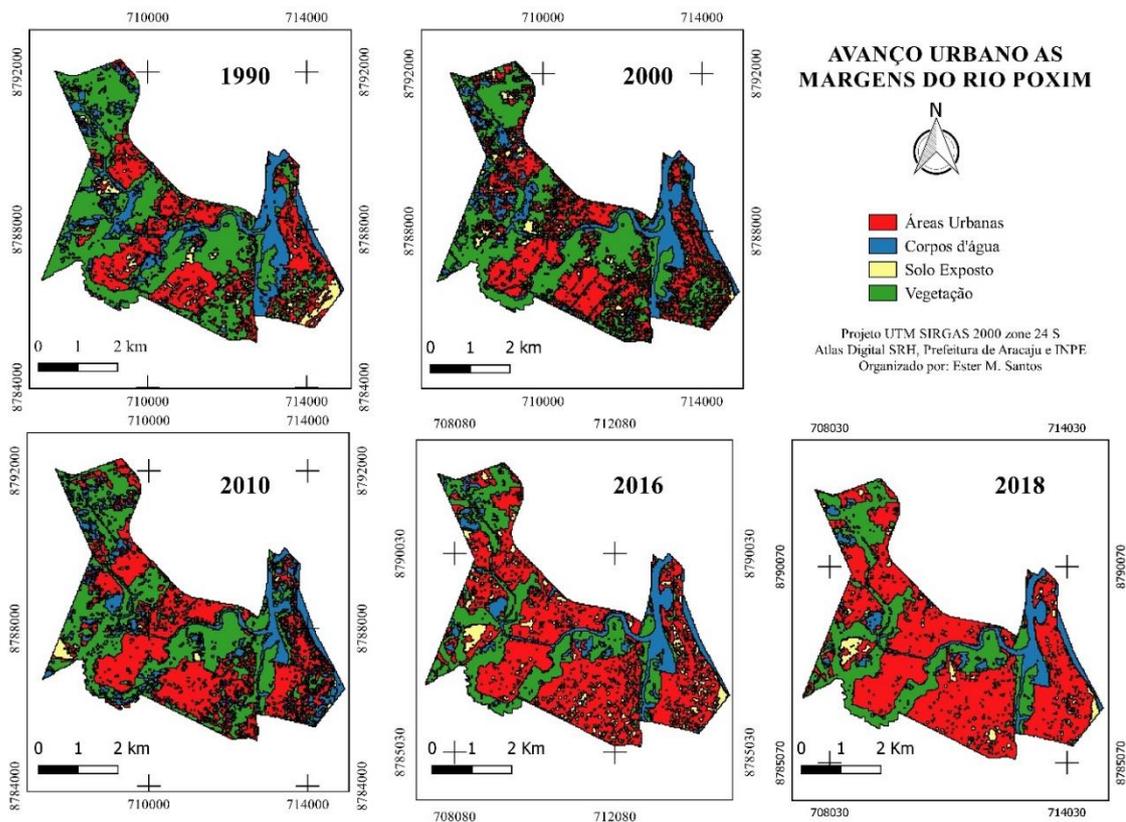
O gráfico final da estimativa de carga por bairro leva em consideração os pontos de aportes das estações de tratamento, as contribuições da população do próprio bairro e as contribuições advindas de outros bairros por meio dos canais, localizadas na planta de cadastro de canais da cidade de Aracaju, no plano integrado de saneamento básico de Aracaju e no plano municipal de saneamento básico de São Cristóvão.

3.3 Resultados e discussão

3.3.1 Avanço multitemporal às margens do estuário do Poxim

A Figura 07 mostra o produto cartográfico gerado a partir da classificação supervisionada. Nota-se que, ao longo dos 28 anos, a paisagem natural dos bairros que margeiam o rio Poxim sofreu fortes modificações ocasionadas diretamente pelo avanço e a consolidação de espaços urbanos.

Figura 07 - Dinâmica de usos e ocupação a margem do rio Poxim.



Os resultados de Acurácia Global (AG) e Coeficiente "Kappa" (CK) apresentados na Tabela 02 indicam precisões aceitáveis para o processo de classificação. Pontualmente, foram encontradas confusões espectrais na comparação da classe de vegetação, como observados

nos trabalhos de Osuna-Osuna *et al.* (2015) e Gonçalves *et al.* (2016), afetando os resultados globais nos anos de 2000 e 2016.

Tabela 02 - Validação dos mapas de uso e ocupação.

ANO	ACURÁCIA GLOBAL (%)	COEFICIENTE KAPPA
1990	91,43	0,86
2000	82,97	0,72
2010	92,91	0,87
2016	87,33	0,77
2018	93,16	0,86

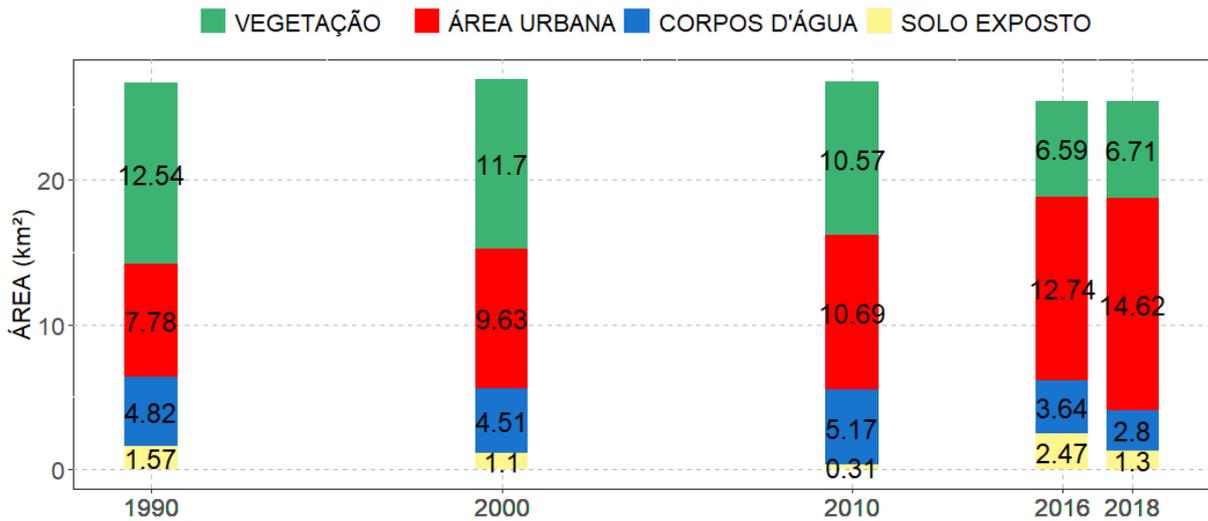
Os padrões de avanço urbano apresentados pela Figura 08 associam-se a diferentes momentos e fatores que impulsionaram o processo de urbanização de Aracaju. Eles coincidem com duas fases apontadas por Nascimento e Araújo (2018): Expansionista, partir do final da década de 1960; e de Provisão, a partir de 2010.

Na metade do século XX, há o favorecimento da expansão física horizontal a uma população de renda baixa e média, dado pelo crescimento das atividades econômicas com a transferência da Petrobras e afiliadas em 1964 e a criação da Universidade Federal de Sergipe, 1968 e intermediado pelo Estado que oferece infraestrutura viária (vias estruturadas e pontes) e o mercado imobiliário através do estabelecimento de conjuntos habitacionais sociais, ao longo do estuário do rio Poxim surgem os conjuntos Jardim Esperança (1974), Governador Augusto Franco (1982), Jornalista Orlando Dantas (1987), Vale do Cotinguiba (1987), Vale do Japarutuba (1987), Cerâmica II A e B (1989), Mar Azul (1989), Cerâmica III (1990) e Santa Lúcia (1993) (CAMPOS, 2006).

Já as primeiras duas décadas do século XXI são marcadas pela estruturação do arcabouço jurídico ambiental e pela fase de provisão que seria um período iniciado, conforme destaca Santos e Vargas (2007), a partir da transição da gestão habitacional para o Ministério das Cidades, houve a condução de um projeto governamental de provisão de edificações e habitações, processo que poderia ser pautado na Habitação de Interesse Social e conduzido pelos municípios, mas prevaleceu a Habitação de Mercado, com seus complexos esquemas financeiros.

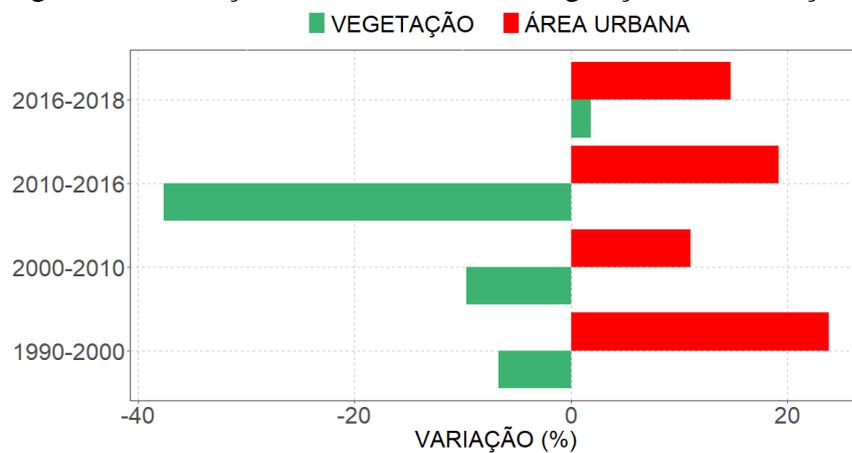
Quantitativamente, algumas alterações podem ser observado na Figura 08. A primeira variação é a que ocorre entre 1990 e 2010 nota-se uma redução da área de vegetação de 12,54 km² para 10,57 km² e aumento de área urbana de 7,78 km² para 10,69 km². A segunda variação é a que ocorre entre 2010 e 2016, há uma acelerada redução das classes que passa a ser de 6,59 km² de vegetação e 12,74 km² de áreas urbanas. Por fim, a terceira envolve uma estabilização das áreas de vegetação, mas um aumento para 14,62 km² na área urbana.

Figura 08 - Alteração das classes ambientais ao longo dos 28 anos.



Em termos percentuais, conforme mostra a Figura 09, as maiores variações de aumento urbano ocorreram no período entre 1990 e 2000 e entre 2010 e 2016, respectivamente, cerca de 23% e 19%, e a maior redução de vegetação entre 2010 e 2016, aproximadamente 37%.

Figura 09 - Variações entre as classes de vegetação e urbanização.



Com o modelo de regressão foi possível verificar uma forte correlação entre a variável crescimento populacional e áreas urbanas, para dados dos anos de 1990, 2000 e 2010, Quadro 11. Pode-se inferir que o número de habitantes manteve uma correlação forte com a urbanização (Km²) e dado o ajuste do modelo próximo da unidade esse fenômeno é praticamente explicado por ela.

Quadro 11 - Resumo do modelo de regressão linear simples.

EQUAÇÃO DO MODELO	$y = -310351 + 40711 x$
R ajuste	0,9974
p-valor	0,0228

O avanço entre 1990 até meados de 2000 pode estar atrelado a essa fase expansionista e observa-se uma alta expansão de áreas urbanas que aumenta em 23%, que pode ser resultado desses conjuntos habitacionais, que surgem a custo de uma expressiva redução de vegetação 6,7%.

No que concerne a saneamento básico, abastecimento de água e esgotamento sanitário, os serviços de água encanada e de coleta e tratamento de esgoto são inaugurados, respectivamente, entre 1908 e 1914, sendo serviços a uma classe privilegiada localizada no centro da capital. O estabelecimento desses serviços envolveu algumas dificuldades na celebração de contratos, captação de investimentos, além de técnicas viáveis diante das condições físicas aracajuanas e em encontrar mananciais de boa qualidade que foi sanada com a canalização das águas do rio Poxim e seu afluente Pitanga (SANTANA, 1999; SILVA, 2016).

Algumas preocupações ambientais surgem diante do crescimento populacional e a expansão urbana, dentre elas atreladas a falta de regulamentação ambiental e de ordenamento territorial. O desenvolvimento urbano desordenado da cidade trouxe apreensões ao poder público, segundo Santana (1999), a década de 80 é marcada por uma série de determinações para viabilizar expansão em serviços de saneamento básico a população de Aracaju, que em déficit refletiram em problemas sociais, ambientais e saúde.

A esse momento, no território brasileiro, também começa a se consolidar um arcabouço jurídico ambiental e de ordenamento territorial, com a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Federal Nº 6.938/1981), o Art. 225 da Constituição Federal de 1988 e leis regulamentadoras voltado a cidades sustentáveis (Lei Federal de 10.257/2001), com a finalidade de proteger a vegetação nativa (Lei Federal de 4.771/1965 - revogada) e a corpos d'água (Lei Federal 9433/1997), direcionar políticas urbanas de extensão e consolidação, provimento de serviços de saneamento básico. Porém, mesmo essa construção jurídica não conteve a destruição do espaço natural, a posteriori.

No final do século XX, muitas das mudanças foram impulsionadas por programas e projetos advindos do Governo Federal. Uma delas ocorreu por volta da década de 1970, com a agenda governamental incorporando e reestruturando ações para melhorar e expandir serviços de saneamento básico através do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA). Com o aumento populacional de Aracaju, algumas soluções surgiram com a expansão através da extensão das adutoras do sistema de abastecimento de água do estado; mas os desafios eram grandes envolvendo o esgotamento sanitário diante um sistema subdimensionado e ligações

clandestinas no sistema de água pluviais; e a necessidade de recuperação da bacia do rio Poxim com umas das propostas de estudos e projetos de regulação hídrica do rio, apresentada em 1984 (SANTANA, 1999).

Houve uma expressiva expansão urbana entre os anos de 2000 à 2010, com a ocupação de áreas de vegetação. Santos e Vargas (2007), analisando dados do censo em 2010, um crescimento nos bairros Jabotiana, São Conrado e Inácio Barbosa com a maior concentração de habitações destinadas à classe média e no bairro Farolândia, além de edifícios mais populares, tem-se também a ocupação da sua porção mais ao leste por edifícios destinados à classe média alta.

Mas é entre os anos de 2010 a 2016 que observamos um novo “boom” das classes associadas a vegetação e vegetação, conforme mostra a Figura 09, há uma redução percentual de quase 40% de vegetação e um acréscimo de 20% da urbanização, que pode estar atrelado dentre outros fatores a forte pressão do mercado imobiliário desencadeada por programas de habitações de interesse social promovido pelo Governo Federal.

Processo que influenciou toda Região Metropolitana de Aracaju, de acordo Rodrigues (2020); Welckmüller e Vicens (2011), esses programas promoveram o surgimento de vários condomínios em áreas de baixo valor, com déficit em infraestrutura básica, com supressões ambientais e intervenções que ampliaram a fragmentação territorial e fomentam desigualdades sociais, conforme apresenta.

Nesse momento surgem alguns conflitos e problemas intensificam. O embate da execução do programa habitacional com as legislações ambiental e ordenamento territorial; supressão e ocupação da mata ciliar, em sua maioria constituída por mangues, sendo aterrada e dividindo espaço com os condomínios; problemas quanto a saneamento básico também se intensificam principalmente associados a drenagem urbana e esgotamento sanitário.

Esses embates foram alvos de algumas ações judiciais como o relatório ambiental da unidade de planejamento do rio Poxim, iniciativa do Ministério Público de Sergipe junto à outros órgãos; e a Ação Civil Pública nº 0801519-50.2016.4.05.8500 que transcorre diante a problemática urbanística e ambiental do bairro Jabotiana e dentre as determinações impõe restrições a licenças ambientais e autorizações habitacionais.

Mesmo em meio ao conflito ambiental e a falta de assistência em infraestrutura básica de transporte e em saneamento básico, os terrenos situados nessas áreas pouco valorizadas, diante da presença dos novos condomínios acabaram sendo valorizados e mesmo com os

embates ambientais quanto a supressão, essa valorização do espaço pode ser o motivo do adensamento entre os anos de 2016 a 2018, com um aumento das áreas urbanas sem influência nas áreas de vegetação.

Os problemas em esgotamentos sanitários nos bairros do estuário do rio Poxim envolve, além do déficit de cobertura, o lançamento direto ou em ligações clandestinas de efluentes domésticos no rio Poxim e a baixa eficiência no tratamento nas 03 estações de tratamento que lançam em afluentes ou no próprio rio.

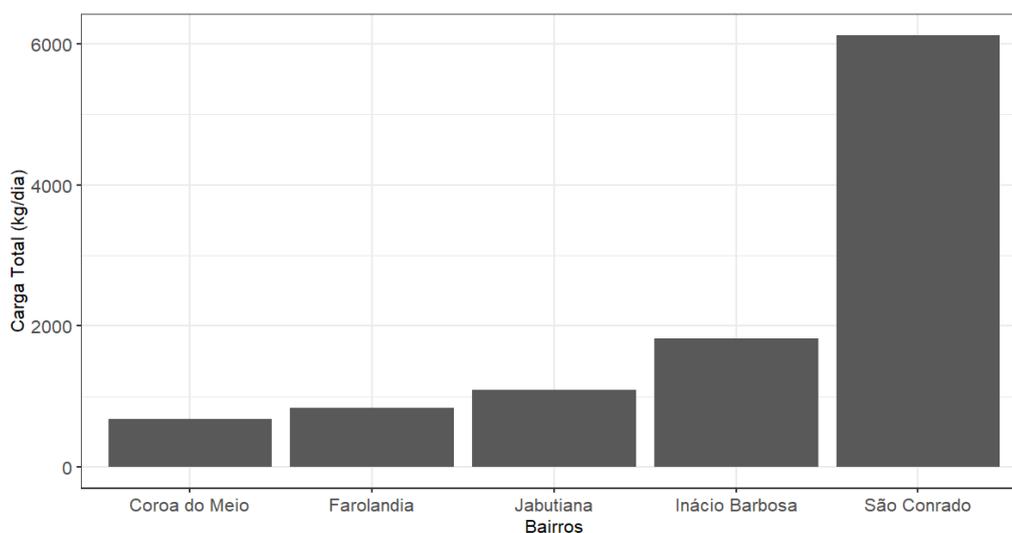
Com índices de coleta e de tratamento de esgoto sanitário maior que a média nordestina, Aracaju possui de 53,07% de seus efluentes coletados e totalmente tratados (BRASIL, 2020). Esse análise macroscópica, não refleti nas condições da maioria de seus bairros, no que se refere aos bairros a margem do Poxim apenas o São Conrado apresenta 100% de seu esgoto coletado, o Inácio Barbosa e a Coroa do Meio possuem, respectivamente, 70% e 50% de coleta e no Jabotiana não apresenta tal serviços (ARACAJU, 2015), mas há previsões futuras com a atual execução da obra da estação de tratamento de esgoto no local.

Ademais, Três das cinco estações de tratamento de esgoto que operam na cidade lançam seus remanescentes em algum afluente ou no próprio rio Poxim, que também recebe contribuições do município de São Cristóvão e de fontes pontuais como canais de drenagem, canalizações residenciais entre outros.

3.3.3 Implicações do avanço urbano às áreas e águas do estuário do Poxim

Tendo como base o ano de 2020, essas contribuições podem ser dadas por carga de esgotos estimada com base na Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), parâmetro que caracteriza a parcela orgânica dos efluentes provenientes de esgotamento sanitário, usualmente empregado na avaliação de impactos nos corpos receptores e no dimensionamento de processos de tratamento. A Figura 10 apresenta esses valores estimados dada a contribuição dos bairros e de fontes pontuais que aportam nesses bairros. Os Apêndices A e B apresentam a planilha de cálculo desses valores.

Figura 10 - Estimativa da carga poluidora dada por aportes localizados na área dos bairros.



Mesmo a capital apresentando infraestruturas de coleta e tratamento do esgotamento sanitário com eficiência de remoção em DBO de 90%, superando muitos municípios sergipanos, segundo o diagnóstico que subsidiou o Plano de Saneamento Municipal (ARACAJU, 2015), muitas das estações de tratamento operam com eficiência de projeto em torno de 70%, o que resulta em lançamento de seus remanescentes com uma maior carga orgânica, contaminantes químicos e microbiológicos, impactando a qualidade dos corpos d'água receptores.

Segundo o Diagnóstico para o Plano Integrado de Saneamento Básico de Aracaju (SERGIPE, 2015) as estações apresentam baixa eficiência de remoção de carga orgânica dos efluentes sanitários devido a problemas de manutenção, obstrução de rede, corrosão, ferrugem, mão-de-obra insuficiente, falta de capacidade laboratorial, monitoramento de coleta insuficiente e inadequada operação que comprometem a qualidade da água ao final do tratamento. Nas localidades sem coleta ou tratamento, os lançamentos são realizados diretamente no sistema de drenagem pluvial ou utilizando-se fossas rudimentares, tanques sépticos e sumidouros, descartes não recomendados pela possibilidade de contaminação de solo e de água dos ecossistemas adjacentes.

O desordenado crescimento urbano às margens do estuário acompanhado do déficit em saneamento básico resulta em algumas implicações. Dentre elas têm-se a deficiência em atendimento por esgoto sanitário que afeta à qualidade das águas do estuário (DALTRO FILHO *et al.*, 2014; NILIN, SANTOS; NASCIMENTO, 2019; SOUZA *et al.*, 2020, 2018), como a supressão das margens ciliares junto a impermeabilização dos solos e a deficiência em obras de drenagem intensificam os prejuízos dos eventos de inundações e alagamentos aos

moradores locais (ARAGÃO *et al.*, 2017). Muito da área degradada da classe de vegetação é composta por área de manguezais, favorecida pelo processo de acumulação e sedimentação do flúvio-marinho (WANDERLEY, 2013) e importantes regiões de redução de impacto dos efeitos de marés, variações de níveis e erosões, locais para reprodução e alimentação de espécies. Ademais, o estuário sofre por processo de assoreamento, em especial na cabeceira, pela menor influência das marés, baixa velocidade da corrente e presença de materiais argilosos de origem exógena em suspensão (DESO, 2011).

3.4 Considerações finais

Nos bairros de Aracaju, especialmente, aqueles localizados à margem do estuário do rio Poxim, o governo, em especial o federal e estadual, diante das suas determinações foram grandes promotores de modificações nessa área, principalmente, na promoção de programas habitacionais, de forma a estimular a expansão de residências e condomínios, mas não oferecendo estrutura básicas (esgotamento sanitário e drenagem) para essas ocupações.

No que concerne à ocupação dessa área, ela dá-se ao custo de uma redução da classe de vegetação, sendo bastante significativa entre os anos de 2010 e 2016, em que há uma redução de 37%. Entende-se que há uma tardia construção jurídica ambiental de modo a minimizar os impactos, porém, mesmo em vigência, há poucas ações efetivas para sua implantação, além da fragilidade dos artigos que constituem as medidas.

Outro problema do território aracajuano de forma a viabilizar um planejamento ambiental do avanço urbano é quanto ao seu defasado Plano Diretor instituído pela Lei Complementar nº 42/2000, havendo dificuldades para se implantar, visto que o estuário pelos seus recursos naturais se localiza numa área de interesse ambiental e a redução de áreas de vegetação.

Com a recente promulgação da Lei Municipal Nº 4973/2017, Plano Municipal de Saneamento Básico, e a Lei Estadual Nº 8.634/2019, Plano e Sistema de Gerenciamento costeiro, os diagnósticos que viabilizaram tais legislações preveem para os estuários de Aracaju estratégias associadas a despoluição através da elaboração de projetos de estações de tratamento de esgoto, restauração ambiental de canais pluviais e o mapeamento de áreas de fossa séptica. Além disso, as duas legislações também englobam o monitoramento do corpo hídrico que pode ser dada utilizando como metas o enquadramento da bacia do rio Sergipe para esse corpo hídrico.

O estado de Sergipe e o município de Aracaju possuem legislações de difícil implementação, mas que necessitam ser cumpridas, elas requerem atuação integrada, mecanismos de fiscalização, indicadores de avaliação e captação de recursos financeiros e pessoas, além de planejamento de ações integrado e dado para um longo prazo.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, J. R. Land-Use Classification Schemes-used in selected recent geographic applications of remote sensing. **Photogrammetric Engineering**, v. 37, n. 4, p. 379–387, 1971.

ARACAJU. **Diagnóstico do Plano Integrado de Saneamento Básico de Aracaju**. Aracaju: UFS, 2015.

ARAGÃO, R. DE; CRUZ, M. A. S.; CORREIA, E. C. DE O.; MACHADO, L. F. M.; FIGUEIREDO, E. E. DE. Impacto do uso do solo pelo aumento da densidade populacional sobre o escoamento numa área urbana do Nordeste Brasileiro via geotecnologias e modelagem hidrológica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 2, p. 543–557, 2017.

BARLETTA, M.; LIMA, A. R. A.; COSTA, M. F. Distribution, sources and consequences of nutrients, persistent organic pollutants, metals and microplastics in South American estuaries. **Science of the Total Environment**, v. 651, p. 1199–1218, 2019.

BARRAGÁN, J. M.; ANDRÉS, M. DE. Analysis and trends of the world's coastal cities and agglomerations. **Ocean and Coastal Management**, v. 114, p. 11–20, 2015.

BRASIL. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019** Brasília-DF Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento, , 2020. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2019/Diagnostico_AE2019.pdf>

CAMPOS, A. C. A construção da cidade segregada: o papel do Estado na Urbanização de Aracaju. In: **O Ambiente Urbano: visões geográficas de Aracaju**. São Cristóvão: Departamento de Geografia da UFS, 2006. p. 223–243.

CARSTENS, D.; AMER, R. Spatio-temporal analysis of urban changes and surface water quality. **Journal of Hydrology**, v. 569, n. August 2018, p. 720–734, 2019.

DALTRO FILHO, J.; FONSECA, L. DE M.; NOU, G. C. G.; NOBRE, F. S. DE M. Aspectos Gerais Sobre a Qualidade Ambiental E Sanitária De Um Rio Urbano: O Caso Do Trecho Urbano Do Rio Poxim , Situado No Bairro. **V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, p. 1–7, 2014.

DESO. Levantamento batimétrico e ambiental do rio Poxim. n. 01, 2011.

DIAS, J. A.; CEARRETA, A.; ISLA, F. I.; MAHIQUES, M. M. DE. Anthropogenic impacts on Iberoamerican coastal areas: Historical processes, present challenges, and consequences for coastal zone management. **Ocean and Coastal Management**, v. 77, p. 80–88, 1 jun. 2013.

FONTES, A. L. **O QUATERNÁRIO COSTEIRO E O MUNICÍPIO DE ARACAJU(SE)CONGRESSO SOBRE PLANEJAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA, 2., CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO,9., CONGRESSO DO**

QUATERNÁRIO DOS PAÍSES DE LÍNGUA IBÉRICAS, 2. **Anais...**Recife: 2003

GONÇALVES, W. G. E.; RIBEIRO, H. M. C.; SÁ, J. A. S. DE; MORALES, G. P.; FERREIRA FILHO, H. R.; ALMEIDA, A. D. C. Classificação de estratos florestais utilizando redes neurais artificiais e dados de sensoriamento remoto. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 11, n. 3, p. 612, 23 jun. 2016.

INOUE, C. E. N.; SOUSA, W. C. DE; FREITAS, D. M. DE; SIMÕES, E. Modelling the spatial dynamics of urban growth and land use changes in the north coast of São Paulo, Brazil. **Ocean and Coastal Management**, v. 108, p. 147–157, 1 maio 2015.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159–174, 1977.

LIU, Y.; HOU, X.; LI, X.; SONG, B.; WANG, C. Assessing and predicting changes in ecosystem service values based on land use/cover change in the Bohai Rim coastal zone. **Ecological Indicators**, v. 111, p. 106004, 1 abr. 2020.

MAIA, M. A.; RODRIGUES, N. B.; RITCHER, M.; RUBIM, I. **Modelos de correção atmosférica aplicados em imagens do sensor OLI/ Landsat 8 a partir do uso de programas gratuitos: uma análise comparativa** Proceedings of the American Mathematical Society. **Anais...**Santos: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2017

MANGABEIRA, J. A. DE C.; AZEVEDO, E. C. DE; LAMPARELLI, R. A. C. AVALIAÇÃO DO LEVANTAMENTO DO USO DAS TERRAS POR IMAGENS DE SATÉLITE DE ALTA E MÉDIA RESOLUÇÃO ESPACIAL. p. 1–4, 2003.

MEA, M. E. A. **Ecosystems and human well-being: synthesis**. Island Press, Washington: [s.n.].

MILON, J. W.; ALVAREZ, S. The elusive quest for valuation of coastal and marine ecosystem services. **Water (Switzerland)**, v. 11, n. 7, p. 1–19, 2019.

MOTA, S. **Gestão ambiental de recursos hídricos**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2008.

NAMUGIZE, J. N.; JEWITT, G.; GRAHAM, M. Effects of land use and land cover changes on water quality in the uMngeni river catchment, South Africa. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 105, n. April 2017, p. 247–264, 2018.

NASCIMENTO, M. M.; ARAÚJO, H. M. DE. A urbanização extensiva de Aracaju e a formação de novos aglomerados habitacionais: avaliação a partir da desagregação de dados dos CENSOS-IBGE. **Caderno de Geografia**, v. 28, n. 52, p. 166, 2018.

NASCIMENTO, M. M. P. DO; ARAÚJO, H. M. DE. Ocupação habitacional na Região Metropolitana de Aracaju/SE: Relações com o ambiente e condições de infraestrutura urbana. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, p. 160–175, 2017.

NEUMANN, B.; VAFEIDIS, A. T.; ZIMMERMANN, J.; NICHOLLS, R. J. Future coastal population growth and exposure to sea-level rise and coastal flooding - A global assessment. **PLoS ONE**, v. 10, n. 3, 2015.

NILIN, J.; SANTOS, A. A. O.; NASCIMENTO, M. K. S. Ecotoxicology assay for the evaluation of environmental water quality in a tropical urban estuary. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 91, n. 1, p. 1–10, 2019.

OSUNA-OSUNA, A. K.; DÍAZ-TORRES, J. D. J.; ANDA-SÁNCHEZ, J. DE; VILLEGAS-GARCÍS, E.; GALLARDO-VALDEZ, J.; DAVILLA-VAZQUEZ, G.; DAVILA-VAZQUEZ, G. Evaluación de cambio de cobertura vegetal y uso de suelo en la cuenca del río Tecolutla, Veracruz, México; periodo 1994-2010. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of**

Applied Science, v. 10, n. 2, p. 350–362, 30 abr. 2015.

PAUCHARD, A.; BARBOSA, O. Regional Assessment of Latin America: Rapid Urban Development and Social Economic Inequity Threaten Biodiversity Hotspots. *In*: ELMQVIST, T.; FRAGKIAS, M.; GOODNESS, J.; GÜNERALP, B.; MARCOTULLIO, P. J.; MCDONALD, R. I.; PARNELL, S.; SCHEWENIUS, M.; SENDSTAD, M.; SETO, K. C.; WILKINSON, C. (Eds.). . **Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities: A Global Assessment**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2013. p. 589–608.

PEREIRA, L. F.; GUIMARÃES, R. M. F. MAPEANDO USOS/COBERTURAS DA TERRA COM Semi-automatic Classification Plugin: QUAIS DADOS, CLASSIFICADOR E ESTRATÉGIA AMOSTRAL? **Nativa**, v. 7, n. 1, p. 70, 2019.

RODRIGUES, L. DE P. A produção habitacional do programa Minha Casa Minha Vida na região metropolitana de São Paulo. v. 1, p. 50–65, 2020.

ROJAS, C.; MUNIZAGA, J.; ROJAS, O.; MARTÍNEZ, C.; PINO, J. Urban development versus wetland loss in a coastal Latin American city: Lessons for sustainable land use planning. **Land Use Policy**, v. 80, p. 47–56, 1 jan. 2019.

SANTANA, J. L. **História do saneamento básico em Sergipe**. [s.l.] Companhia de Saneamento de Sergipe - DESO, 1999.

SANTANA, L. B. DE; ARAÚJO, H. M. DE. Avaliação da fragilidade ambiental e riscos associados da região metropolitana de Aracaju/ Sergipe. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, n. 0, p. 1347–1357, 2016.

SANTOS, W. R. DE A.; VARGAS, M. A. M. Apropriações na Construção do Urbano na Cidade de Aracaju / SE *. v. 3, p. 117–123, 2007.

SILVA, D. A. DA. **Nos (dos) Meandros Ambientais : A Natureza das Águas Urbanas em Aracaju**. [s.l.] UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE, 2016.

SOUZA, M. R. DOS R. *et al.* The impact of anthropogenic activity at the tropical Sergipe-Poxim estuarine system, Northeast Brazil: Fecal indicators. **Marine Pollution Bulletin**, v. 154, n. September 2019, p. 111067, 2020.

SOUZA, M. R. R.; SANTOS, E.; SUZARTE, J. S.; CARMO, L. O.; FRENA, M.; DAMASCENO, F. C.; ALEXANDRE, M. R. Concentration, distribution and source apportionment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in Poxim River sediments, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 127, n. October 2017, p. 478–483, 2018.

SPERLING, M. VON. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: UFMG, 2014.

VILAR, J. W. C. Evolução da Paisagem Urbana do Centro de Aracaju. *In*: ARAÚJO, H. M. DE; VILAR, J. W. C.; WANDERLEY, L. DE L.; MELO E SILVA, R. (Eds.). . **O ambiente urbano: visões geográficas de Aracaju**. São Cristóvão: Departamento de Geografia da UFS, 2006. p. 45–65.

WANDERLEY, L. DE L. A DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA E URBANO-AMBIENTAL DO SISTEMA FLÚVIO- MARINHO RIO SERGIPE-RIO POXIM, EM ARACAJU, SERGIPE, NORDESTE DO BRASIL. **Geonordeste**, n. 2, p. 56–79, 2013.

4 PERCEÇÃO AMBIENTAL DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS E SANITÁRIAS DAS MARGENS DE UM ESTUÁRIO NO NORDESTE DO BRASIL

Resumo

A percepção ambiental é uma ferramenta que permite alinhar políticas públicas a releitura da realidade local, para uma gestão ambiental efetiva. Tendo em vista seu uso em instrumentos e ferramentas da gestão ambiental como diagnóstico e planejamento, este estudo visa avaliar as condições ambientais e sanitárias dos residentes a margem do estuário do rio Poxim, no município de Aracaju/SE. No total foram avaliados moradores de 04 bairros (Jabotiana, São Conrado, Inácio Barbos e Farolândia) e o instrumento de pesquisa utilizado será um questionário com 32 perguntas visando avaliar aspectos Climatológicos, Saneamento Básico, Impactos Ambientais e Políticas Públicas Ambientais. Duas plataformas on-line foram utilizadas para confecção e envio dos questionários, Google Forms e MapHub, respectivamente. Para a amostragem foi utilizado um método não-probabilístico e a estimativa do tamanho mínimo da amostra pelas metodologias de Barbetta (2002) e de Vieira (2011). Em sua maioria, os indivíduos amostrais possuem como nível mínimo de escolaridade o Ensino Médio e sentiram um aumento térmico ao longo dos anos. Mais de 70% possuíam serviços de água, esgoto sanitário e resíduos sólidos oferecidos por órgãos públicos, cerca de 44% apontaram ter sido afetados por algum episódio de alagamento e 19% foi acometido por Dengue ou Chikungunya. Entre 30% e 70% qualificaram os serviços de saúde e saneamento básico oferecidos em seus bairros como Regular/Bom, mas consideram a atuação do Poder Público como Ruim/Péssima. 45% dos residentes acreditam na educação ambiental como medidas para melhorar as condições socioambientais nos bairros. Essas informações possibilitam uma direção quanto ao grau de satisfação dos indivíduos e ações e programas futuros.

Palavras-chave: Gestão Participativa. População Urbana. Saneamento Básico.

4.1 Introdução

Atualmente, mediar conflitos de usos múltiplos dos espaços e dos recursos naturais à uma gestão ambiental participativa e integrada com ações corretivas, preventivas e mitigadoras é um grande desafio (RODRIGUES; FERNANDES, 2012). A urbanização é um exemplo de fenômeno que provoca fortes transformações no espaço causando não só declínio na qualidade dos habitats naturais, com as regiões costeiras entre as mais comprometidas do mundo, mas também, direta ou indiretamente, afetando a qualidade de vida das populações com fatores que causam satisfação ou não aos indivíduos (ABREU; VASCONCELOS; ALBUQUERQUE, 2017; MARINONI *et al.*, 2013).

Uma vez que cada indivíduo percebe, reage e responde de forma diferente frente às ações sobre o meio em que está inserido (CUNHA; CANAN, 2015). Uma forma de alinhar a gestão ambiental a uma leitura da realidade local e incentivar a participação social é utilizar

a percepção ambiental como ferramenta de diagnóstico e estratégia de planejamento do uso dos espaços e dos recursos naturais (OLIVEIRA; SANTOS; TURRA, 2018).

De natureza interdisciplinar e transdisciplinar, o conceito de percepção ambiental levanta a questão das relações entre o homem e o meio ambiente, como cada indivíduo o percebe, o quanto conhece do meio inserido e o que espera desse meio (CUNHA; LEITE, 2009; RODRIGUES; FERNANDES, 2012). A concepção da experiência perceptiva é individual, variando no tempo e no espaço e motivada em emoções, valores, objetivos, interesses, expectativas e outros estados mentais, havendo diversas formas para seu estudo como mapas mentais, representações fotográficas e aplicação de questionários (OLIVEIRA; COSTA, 2017).

Apesar de metodologicamente a incorporação de percepção e conhecimento das comunidades locais seja pouco sistematizado, vago em conteúdo e de um ponto de vista prático os gestores tomem decisões somente no conhecimento científico e em dados estatísticos. Incorporar esses aspectos no centro de tomada de decisão é um importante caminho para compartilhamento de poder, auxiliando em parcerias efetivas entre as comunidade locais e órgãos ambientais (GERHARDINGER *et al.*, 2010; SOUTO, 2020).

Embora haja melhorias metodológicas, juridicamente, a Constituição Federal de 1988 é uma abertura para uso de estratégias que incorporem e estimulem a participação social as políticas públicas, mesmo que representativa. Isso transparece em muitas lei ambientais ao .instituírem espaços, como conselhos, comitês, que se configuram como órgãos administrativos colegiados com representantes da sociedade civil e do poder público (ROCHA, E., 2008).

Aos poucos, a incorporação da percepção ambiental na gestão pode trazer bons resultados. Em seu estudo Rodrigues e Fernandes (2012) concluem que a internalização da percepção da população na gestão ambiental municipal é relevante por subsidiar formulação, implementação e avaliação das políticas públicas ambientais locais para que lacunas inerentes ao processo político sejam corrigidas e as ações redirecionadas. Cunha e Leite (2009) acreditam que a percepção é fundamental para iniciar o processo de educação ambiental, por proporcionar uma tomada de consciência do ambiente ao indivíduo capaz de reeducar esse no sentido de proteger o meio ambiente.

Oliveira, Santos e Turra (2018) identificaram como falha a pouca sensibilidade as questões ambientais dos entrevistados que demonstraram mais interesse em infraestrutura

urbana do que ao ambiente natural. E em pleno momento de pandemia causada pelo coronavírus em 2020, que inviabilizou análises físico-químicas da água e do ar, uma equipe gestora de duas unidades de conservação do Rio de Janeiro, junto a pesquisadores e uma liderança de pesca artesanal, verificaram mudanças ambientais positivas na Baía de Guanabara pela percepção dos moradores locais (FUKUDA *et al.*, 2020).

Desse modo, a percepção ambiental pode apoiar os instrumentos e ferramentas da gestão ambiental propiciando um diagnóstico da realidade local e realinhamento das políticas públicas. Diante do exposto, este estudo visa avaliar as condições ambientais e sanitárias dos bairros a margem do estuário do rio Poxim, no município de Aracaju/SE sob a ótica dos moradores que residem nessas áreas. Norteado em quatro questões: Será que as alterações climáticas afetam localmente esses moradores? Como se caracteriza e impactam os serviços de saneamento básico oferecido no bairro? Pontuados alguns aspectos e impactos ambientais, em que grau eles afetam os moradores? Como eles avaliam alguns aspectos das políticas públicas ambientais implementadas no bairro?

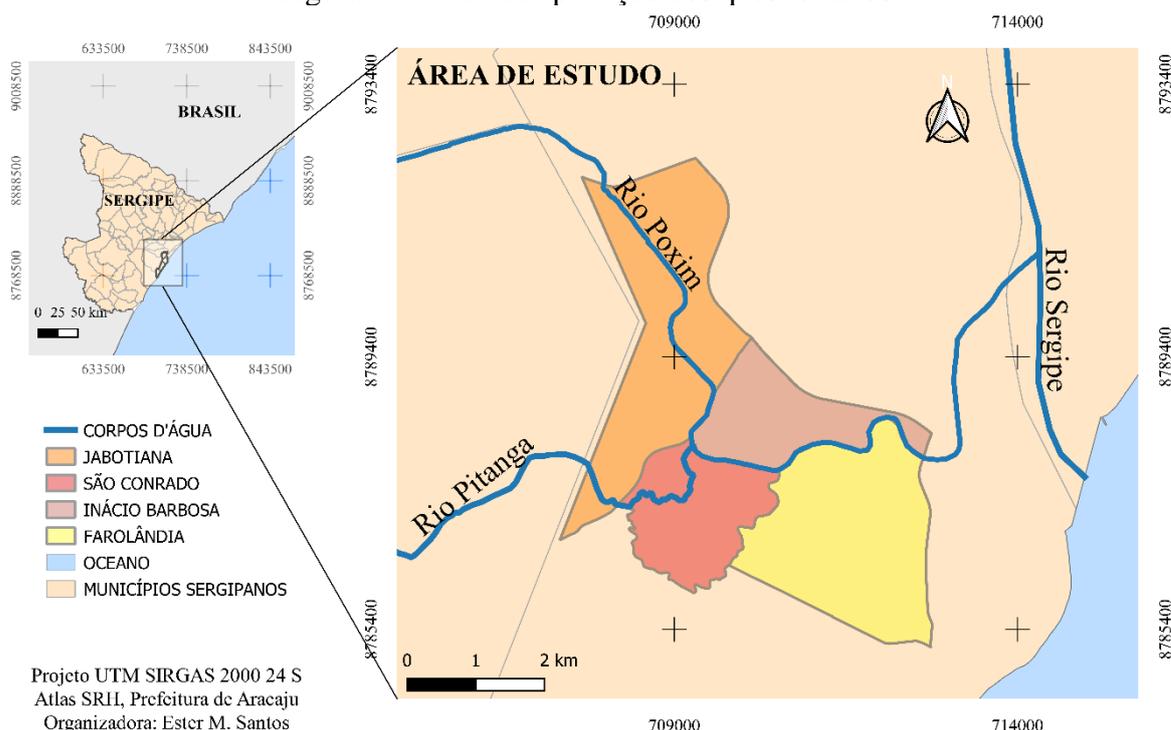
Essas condições precisam ser avaliadas por se observar, nos bairros, um avanço da urbanização e conflitos resultante tanto em desigualdade socioespaciais, por serem áreas com “déficit” de infraestrutura, sistema viário, transporte, comércio e serviços quanto em alterações nos recursos naturais (ARACAJU, 2000).

4.2 Metodologia

4.2.1 Área de Estudo

O objeto de estudo da pesquisa são 04 bairros do município de Aracaju, Jabotiana, São Conrado, Inácio Barbosa e Farolândia, localizados a margem do estuário do rio Poxim, conforme mostra a Figura 11 limitado pela Rodovia João Bebe Água (SE-065) e o deságue na Maré do Apicum, próximo ao Parque dos Cajueiros (Avenida Beira Mar).

Figura 11 - Área de aplicação dos questionários.



Segundo a Lei Municipal Nº 42/2000, que institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Aracaju, eles inserem-se na Zona de Adensamento Básico 2 (ZAB 2) e apresentam potencial de urbanização, com recente crescimento desordenado de edificações horizontais e verticais impulsionado pelo mercado imobiliário. Este avanço conflita com a presença de áreas de interesse ambiental como manguezais, áreas alagadiças, lagoas e mata ciliar (ARACAJU, 2000).

4.2.2 Instrumento de Pesquisa e Estratégias de Divulgação

Para a coleta de dados dos moradores foi utilizado um questionário dividido em 06 seções: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE); Aspectos Gerais; Climatológicos; Saneamento Básico; Impactos Ambientais; e Políticas Públicas Ambientais, o Apêndice C apresenta o TCLE juntamente com o instrumento de pesquisa na forma que serão enviados, com Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) nº 38848720.9.0000.5546. Ao todo são 28 questões de múltiplas escolhas formadas a partir das 04 questões norteadoras da pesquisa.

Optou-se por utilizar como estratégia para endereçamento dos questionários plataformas virtuais gratuitas associando os links do Google Forms (<https://docs.google.com/forms/d/1US6ZfDUxso7Hv94LzeVlbGezTq04CVcVxOXpYOJ9DP/edit?usp=sharing>), que permite a confecção de questionários, ao MapHub

(https://maphub.net/ester-94/QUESTIONARIO_POXIM), que possibilita a criação de mapas interativos de forma que o usuário identifique o bairro que reside e seja encaminhado para o link específico. Importante ressaltar que o acesso a perguntas só será realizado após a leitura e a confirmação do TCLE pelo participante na seção inicial da pesquisa, em caso de negação, este será encaminhado a seção final do questionário.

O meio para encaminhamento dos questionários foi totalmente online por redes sociais, principalmente, adotando uma estratégia de amostragem não-probabilística denominada “bola de neve” em que se procura utilizar cadeias de referência, por ela permite-se com que grupos diferentes acessem o instrumento (VINUTO, 2014). O princípio envolve que a partir de uma pessoa inicial, no caso grupos de Facebook e WhatsApp, essa divulga o instrumento para outras próximas e assim construindo uma rede de amostra.

Para se obter resultados representativos, foi necessário calcular o tamanho mínimo da amostra da população de cada bairro. Esse cálculo foi realizado, a partir de Barbetta (2002) e Vieira (2011), para amostras aleatórias simples que se caracterizam por um subconjunto em que cada elemento da população possui a mesma probabilidade para pertencê-lo, sendo realizado em duas etapas:

1ª Etapa: Aproximação do tamanho da população através de (6).

$$n_0 = \frac{Z^2 * p * (100\% - p)}{E_0^2} \quad (6)$$

Em que: n_0 é uma primeira aproximação para o tamanho da amostra; z é valor tabelado da distribuição normal padronizada (adotou-se um nível de confiança de 90%, então esse valor foi de 1,645); p é a proporção (adotou-se de 50%); E_0 é o erro amostral tolerável (adotou-o valor de 10%).

2ª Etapa: Correção da população (7) anterior para uma população de tamanho conhecido.

$$n_t = \frac{N * n_0}{N + n_0} \quad (7)$$

Em que: n é o tamanho, número de elementos, da amostra e N é o tamanho, número de elementos, da população.

O tamanho da população foi estimado para o ano de 2019 utilizando dados dos censos demográficos dos anos de 2000 e 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Para isso foram comparados os coeficientes de determinação (R^2) das curvas obtidas de valores estimados para Projeções Geométrica (PG) e Aritmética (PA). Essas projeções são sequências numéricas, no caso populacional, com uma determinada lei de formação, na PG o crescimento populacional é função da população existente a cada instante e na PA segundo

uma taxa constante (SPERLING, 2014). A Tabela 03 apresenta os valores finais estimados de habitantes por bairro, em que n_0 e n_t , referente ao tamanho da amostra, foram dados a partir de valores da PA que apresentou o valor de R^2 mais próximo a unidade. Logo, por bairro, serão necessários, que no mínimo 68 habitantes respondam ao questionário. A coleta foi interrompida no mês de maio/21, infelizmente, o n_t não foi alcançado em alguns bairros e o n_r representa o número de entrevistados finais.

Tabela 03 - Valores para o tamanho da amostra.

BAIRRO	CENSO 2000	CENSO 2010	PA 2019	R² PA	PG 2019	R² PG	n_0	n_t	n_r
JABOTIANA	9713	17157	23857	0.99	28630	0.97	68	67	75
SÃO CONRADO	24897	30675	35875	0.99	37013	0.99	68	68	54
INÁCIO BARBOSA	7033	13887	20056	0.99	25617	0.95	68	67	60
FAROLÂNDIA	28434	38257	47098	0.99	49969	0.99	68	68	46

Para a sistematização dos resultados dos questionários foi utilizado software de cálculos computacionais como Excel e R, aplicando técnicas da estatística descritiva, para descrever e sumarizar os dados, através da tabulação ou construção de gráficos, para avaliar as condições dos bairros sob a percepção de seus moradores.

4.3 Resultados e Discussão

Em geral, segundo o último censo do IBGE (2010), dado informações dos setores censitários que formam os bairros da pesquisa, a proporção entre indivíduos do sexo masculino e do feminino é equilibrada, em sua maioria na faixa dos 35 a 44 anos, a renda média é variada, de cerca de 07 salários mínimos nos bairros Jabotiana e Inácio Barbosa, 05 salários mínimos da Farolândia e de 03 salários mínimos no São Conrado (ARACAJU, 2021).

Socioeconomicamente, conforme Tabela 04, os agrupamentos amostrais apresentam características semelhantes, sendo composto por indivíduos do sexo feminino e masculino proporcionalmente homogêneos, com menos de 20% deles acima dos 51 anos, quase 70% apresenta renda familiar de até 10 salários mínimos.

Em sua maioria, Tabela 04, os entrevistados residem nos bairros Farolândia (78,26%) e Jabotiana (66,67%) em condomínios de prédios, no bairro São Conrado (74,07%) em casa própria ou alugada e no bairro Inácio Barbosa o percentual é equilibrado entre residentes de casa própria ou alugada (43,33%) e condomínio de prédios (56,67%).

Devido as imposições impostas no período pandêmico, a veiculação dos questionários foi realizada através da internet e redes sociais, necessitando que o entrevistado tenha meios tecnológicos para acessá-las. Isso reflete num conjunto amostral tendencioso já que, segundo o IBGE (2018), o acesso à internet e meios tecnológico ainda não é igualitário. Conseqüentemente, a pesquisa reflete a percepção de indivíduos com um grau elevado de instrução, pois cerca de 70% deles possuíam, no mínimo, o Ensino Médio, conforme mostra o item Escolaridade da Tabela 12.

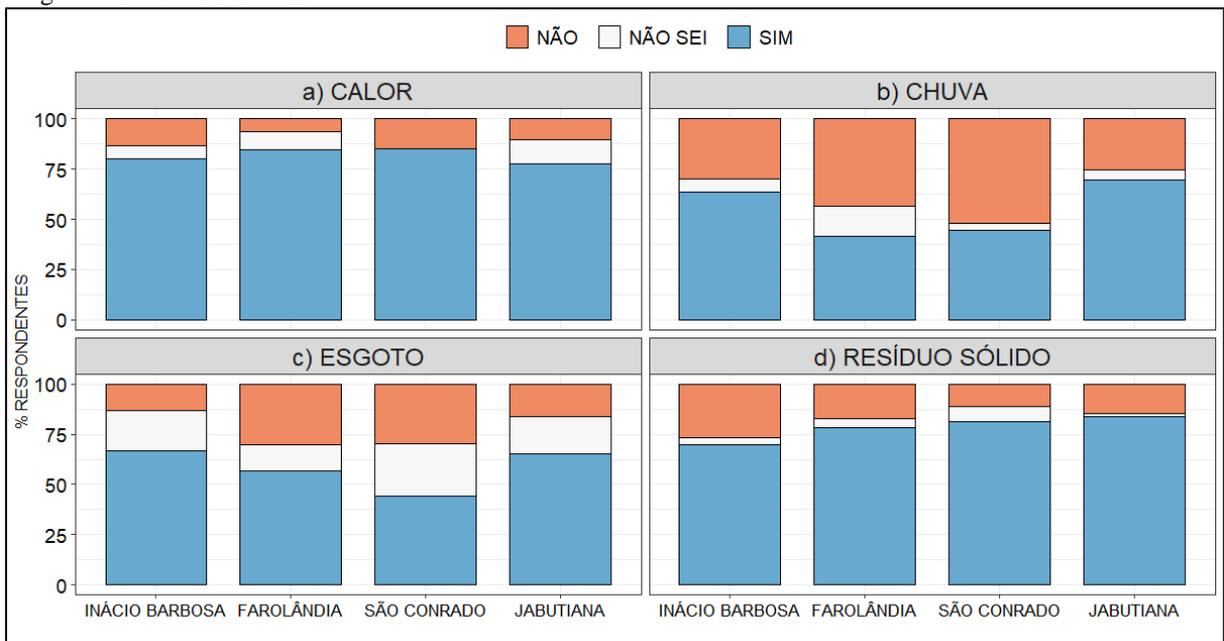
Tabela 04 - Resumo dos aspectos gerais dos entrevistados.

VARIÁVEL CATEGÓRICA	BAIRRO SÃO CONRADO (n=54)	BAIRRO INÁCIO BARBOSA (n=60)	BAIRRO FAROLÂNDIA (n=46)	BAIRRO JABOTIAN A (n=75)
GÊNERO (%)				
Feminino	40,74	60,00	56,52	54,66
Masculino	59,26	40,00	43,48	45,33
FAIXA ETÁRIA (%)				
18 a 24 anos	33,33	23,33	21,74	10,67
25 a 35 anos	40,74	43,33	39,13	45,33
36 a 50 anos	22,22	16,67	30,43	30,67
Mais de 51 anos	3,70	16,67	8,70	13,33
MORADIA (%)				
Casa própria ou alugada	74,07	43,33	17,39	30,67
Condomínio de casas	0,00	0,00	4,35	2,67
Condomínio de prédios	25,93	56,67	78,26	66,67
RENDA FAMILIAR (%)				
Até 03 salários mínimos	40,74	36,67	30,43	32,00
Entre 3 até 10 salários mínimos	44,44	43,33	39,13	52,00
Entre 10 até 20 salários mínimos	14,81	13,33	19,56	12,00
Mais de 20 salários mínimos	4,35	6,67	10,87	4,00
ESCOLARIDADE (%)				
Ensino Fundamental I	0,00	0,00	0,00	1,33
Ensino Fundamental II	0,00	3,33	0,00	0,00
Ensino Médio	18,52	33,33	13,04	12,00
Ensino Superior	48,15	26,67	30,43	26,67
Pós-graduação	33,33	36,67	56,52	60,00

Quando perguntados sobre a utilização do rio Poxim, cerca de 70% dos respondentes respondeu não fazer nenhum uso de suas águas, quase 20% fazem usos domésticos, por volta de 9% usam para atividades recreativas, esportivas, turismo e pesca e 1% na opção outros relataram a contemplação e a apreciação. Em geral, para indivíduos urbanos, a água passou a ser vista como recurso em um sentido utilitarista, havendo uma perda de uma visão simbólica, cultural e tradicional dela contrário no que ocorre em populações tradicionais ribeirinhas (DICTORO; HANAI, 2016). Essa perda pode ser reflexo das dinâmicas urbanas que faz com que os cidadãos distanciem dos recursos ambientais que em muitos casos estão poluídos ou contaminados.

O espaço urbano também provoca um conjunto de sensações e estímulos sensoriais a seus moradores que podem sensibilizá-los de diferentes maneiras. O aumento térmico, Figura 12a), bem como, o descarte irregular de resíduos, Figura 12d), foram sentidos por mais de 70% dos moradores em cada bairro. Já a recorrência de chuvas fortes e pontos de lançamentos foram observados por 70% dos moradores dos bairros Jabotiana e Inácio Barbosa.

Figura 12 - Percepção sobre alguns aspectos ambientais. a) Sensação de aumento de temperatura. b) Observância de recorrência de chuvas fortes. c) Observância de pontos de lançamento de esgoto. d) Observância de descarte irregular de resíduos sólidos.



À medida que os espaços urbanos expandiram e consolidaram sem planejamento e degradando o meio natural alteram as propriedades do meio que podem refletir no local ou não. O espaço em que se localiza os 04 bairros passou por mudanças, especialmente na última década, impulsionadas por pressão imobiliária que aumentam o número de casas e edificações de concretos, impermeabiliza parcela dos solos e reduz o número de áreas verdes (NASCIMENTO; ARAÚJO, 2018).

O aumento da sensação térmica pode ser advinda dessa configuração do espaço que possibilita um aumento da temperatura superficial alterando o microclima como investigado por Lucena (2013); Nóbrega e Bakker Vital (2010). Naturalmente a cidade de Aracaju de fragilidade ambiental (SANTANA; ARAÚJO, 2016) propensa a instabilidades climatológicas, deslizamentos de terra e alagamentos, mas as mudanças espaciais foram acompanhadas por um aumento na demanda por infraestruturas básicas como macrodrenagem, esgotamento sanitário, coleta e disposição de resíduos sólidos, que não foi atendida e geram alguns problemas.

Entre os entrevistados, Tabela 05, quanto ao esgotamento sanitário a maioria faz uso da rede pública e cerca de 20% ainda fazem uso somente da fossa séptica. Mesmo indicando a existência de pontos de descarte irregular de resíduo sólido em áreas dos bairros, Figura 12c), cerca de 70% possuem a coleta e a destinação dos resíduos sólidos realizada pelo serviço público em mais de duas vezes na semana, destaca-se a significativa realização da coleta seletiva, de compostagem e da reciclagem/reutilização de uma parte dos resíduos pelos moradores.

Tabela 05 - Caracterização do saneamento básico.

	JABOTIANA	SÃO CONRADO	INÁCIO BARBOSA	FAROLÂNDIA	
ESGOTAMENTO SANITÁRIO (%)	REDE PÚBLICA	35,80	67,80	54,84	58,33
	FOSSA	16,05	27,12	19,35	16,67
	NÃO SEI	30,86	5,08	19,35	22,92
	SISTEMA INDIVIDUAL DE TRATAMENTO	12,35	0,00	6,45	2,08
	RIO, RIACHO OU CORRÉGO	4,94	0,00	0,00	0,00
	SERVIÇO PÚBLICO (> 2X/SEMANA)	64,37	72,41	60,00	65,38
RESÍDUOS SÓLIDOS (%)	SERVIÇO PÚBLICO (<=2X/SEMANA)	17,24	17,24	10,00	13,46
	COMPOSTAGEM	1,15	0,00	2,50	1,92
	COLETA SELETIVA	10,34	3,45	17,50	13,46
	RECICLAGEM OU REUTILIZAÇÃO	5,75	3,45	10,00	3,85
	OUTROS (condomínio)	1,15	3,45	0,00	1,92
	REDE PÚBLICA	97,33	85,19	96,67	83,67
ABASTECIMENTO DE ÁGUA (%)	NÃO SEI	2,67	7,41	3,33	6,12
	CAPTAÇÃO DIRETA DO RIO	0,00	3,70	0,00	0,00
	POÇO	0,00	0,00	0,00	10,20
	OUTROS	0,00	3,70	0,00	0,00

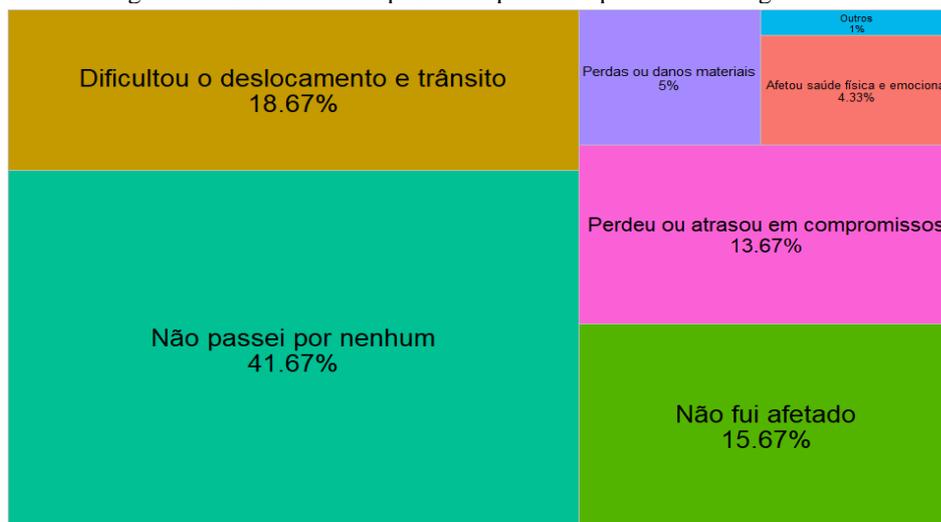
Quanto ao abastecimento de água, Tabela 05, mais de 80% dos entrevistados utilizam como fonte a rede pública e eles qualificam a qualidade da água fornecida como boa/regular em 85,33% no bairro Jabotiana, 85,19% no São Conrado, 76,67% no Inácio Barbosa e 78,26% na Farolândia. Esses percentuais são positivos diante das metas de universalização estabelecidas pelo novo marco do saneamento, Lei Federal Nº 14.06/2020, de percentual de 90% da população com água potável até 2033.

Um dos serviços de saneamento básico negligenciados é a drenagem urbana no município de Aracaju. Ao longo dos anos, no estuário do rio Poxim, eventos extremos de precipitações, recorrentes no mês de maio, associados a regimes de marés altas têm provocado a ocorrência de frequentes problemas, dos 52 pontos de alagamentos e deslizamentos

identificados, 01 localiza-se no bairro São Conrado, 02 no Inácio Barbosa, 01 no Jabotiana e 02 na Farolândia (CARVALHO *et al.*, 2016). Ademais, o município antecipa-se com a estruturação e atuação da defesa civil municipal, sob um Plano de Contingência (ARACAJU, 2019a) que não só incluem localidades próximas ao rio Poxim como risco a alagamentos, mas também risco a inundações que se estendem do Inácio Barbosa da invasão do pantanal até o São Conrado e na Região do Jabotiana, envolvendo os Conjuntos JK, Sol Nascente e Santa Lúcia, até o Largo da Aparecida.

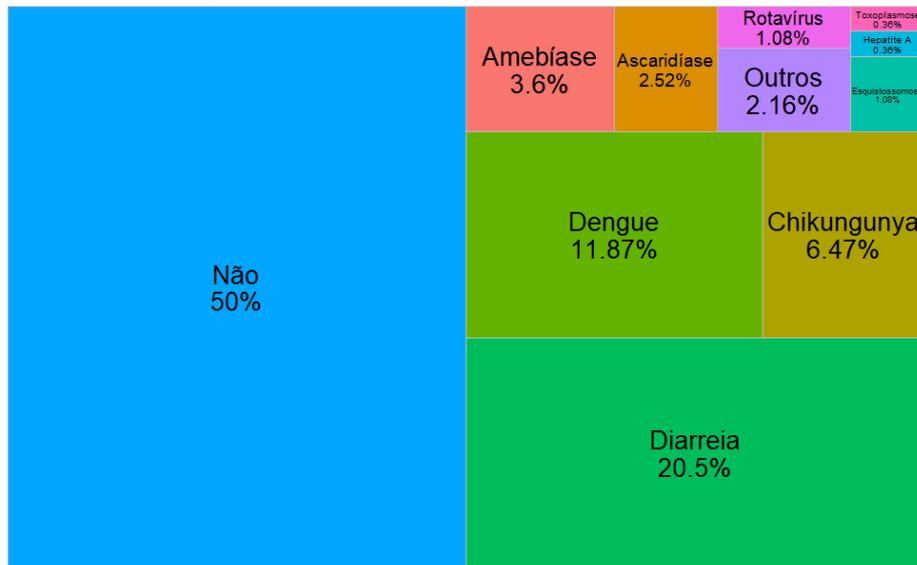
Nesse contexto, a Figura 13 apresenta o percentual de entrevistados, somando-se o total de respondentes dos quatro bairros, que passaram por eventos de alagamentos ou inundações e os prejuízos causados. Cerca de 42% não passou por nenhum dos eventos, dos demais 16% dizem não ter sido afetados, 19% encontraram dificuldade em deslocamento e trânsito, 14% perdeu ou atrasou-se para algum compromisso, 5% tiveram perdas ou danos materiais e 5% teve a saúde e o emocional afetados.

Figura 13 - Dificuldades apontadas quanto a episódios de alagamento.



De forma a investigar as implicações dos serviços de saneamento na qualidade da saúde pública, perguntou-se aos respondentes se já foram acometidos por doenças de veiculação hídrica 50% responderam não e cerca de 37% apresentou quadro de diarreia, dengue ou Chikungunya, como mostra a Figura 14, que reúne o percentual da soma dos entrevistados dos bairros para cada alternativa.

Figura 14 - Problemas de saúde por veiculação hídrica.

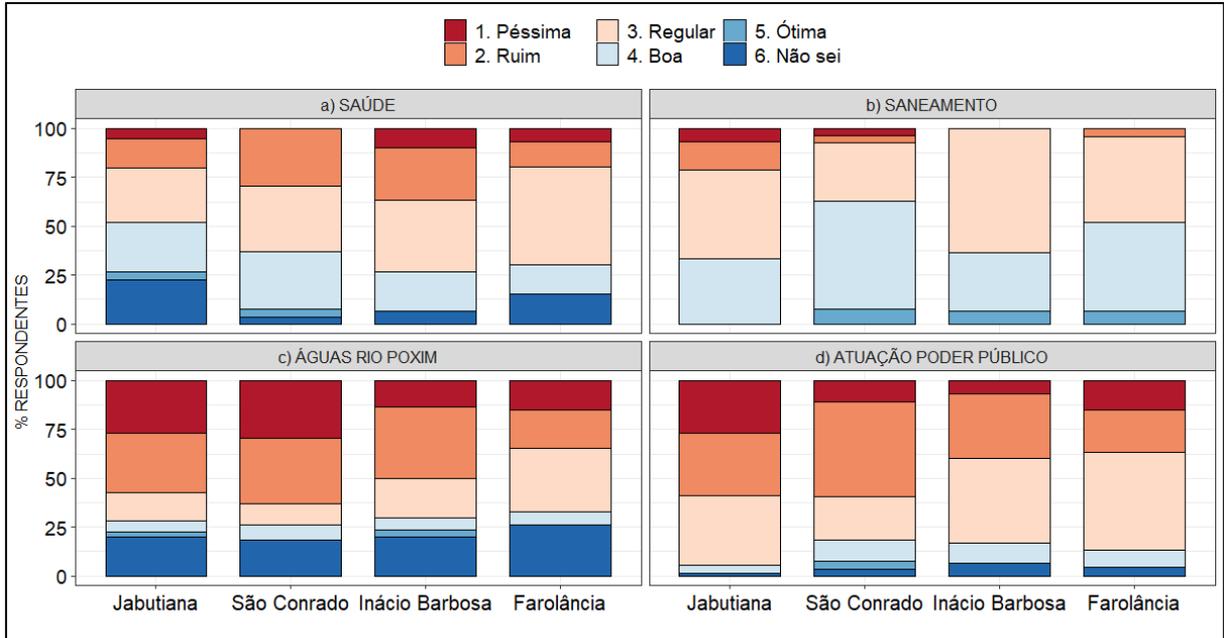


Dada a média brasileira de unidade por 100.000 habitantes de internados por doenças relacionadas transmitidas por insetos vetores ou pelo contato com água de quase 35, Sergipe entre as federações possui um dos menores valores de 10,5 (IBGE, 2016). Dada as implicações econômicas na relação saneamento básico e saúde, algumas literaturas trazem relações diretas quanto aos efeitos das melhorias dos serviços prestados, mostrando que o monitoramento dessas variáveis pode auxiliar na redução de gastos públicos.

A ineficiente e falta dos serviços de saneamento básico prova problemas em diversas áreas sociais e econômicas, estimativas sugerem que cada US\$ 1 investido em água, saneamento e higiene gera um retorno de US\$ 5 (UN WATER, 2018). Uhr; Schmechel; Uhr (2016) demonstraram que dado os dados do período de 2000 e 2010, um aumento de 1% no número de domicílios ligados à rede coletora de esgotos ou com coleta adequada de lixo gera uma redução, respectivamente, de 1,74% e 1% na taxa de internações hospitalares por 100.000 habitantes. Paiva; Souza (2018) aponta que seriam evitados os gastos com o tratamento delas, calculado em R\$ 20.372.559,90 e os dias perdidos com as internações, 172.722, sugerindo a adoção de políticas integradas de saneamento, educação e saúde.

Questionando-se a qualidade de alguns serviços ofertados por bairros, conforme mostra a Figura 15a), para os serviços de saúde para prevenção e tratamento de doenças hídricas, entre 30% e 50% dos entrevistados nos bairros qualificam como regular, entre 10% e 30% qualificam como ruim, mesma variação para a opção boa. Dada a Figura 15b), quanto aos serviços de saneamento básico, entre 30% e 65% qualificam eles como regular, mesma variação para a opção boa.

Figura 15 - Qualificação do status de alguns aspectos dos bairros. a) Serviços de saúde. b) Serviços de saneamento básico. c) Qualidade das águas do rio Poxim. d) Atuação do Poder Público no quesito saneamento básico.



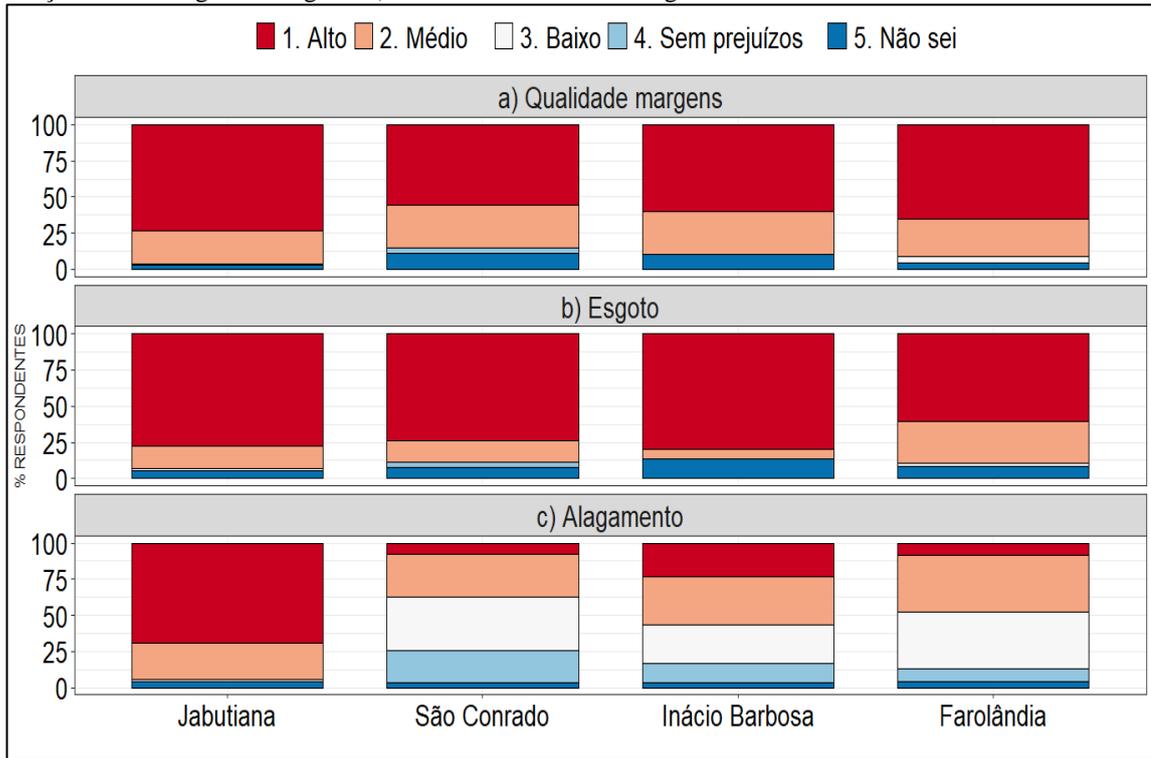
Mesmo a maioria dos entrevistados qualificando os serviços de saúde e saneamento entre regular e bom, esse resultado não é o mesmo quando avaliado a qualidade das águas do rio Poxim e a atuação do Poder Público. Para os residentes dos bairros Jabotiana (57%), São Conrado (63%) e Inácio Barbosa (50%) a qualidade das águas do rio qualifica-se como ruim e péssima, Figura 15c), mais de 50% dos moradores dos bairros Jabotiana e São Conrado qualificam a atuação do poder público como ruim e péssima.

A satisfação dos clientes, qualidade e cobrança justa são importantes variáveis para a administração de prestadoras de serviços de saneamento, nos bairros a oferta desses é realizada por órgãos públicos, esgotamento sanitário e abastecimento de água pela Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO) e resíduos sólidos pela Empresa Municipal de Serviços Urbanos (EMURB). Os resultados de Arruda; Lima; Scalize (2016) demonstraram uma satisfação mediana dos indivíduos quanto a oferta pelas prestadoras de serviços de saneamento no município de Goiás, porém eles se demonstraram dispostos a pagar mais por melhorias a serem realizadas neles. A avaliação de Rocha; Regis; Petroll (2016) apontou a necessidade de melhorias nos serviços de conserto de vazamento de água no cavalete, prestados em Florianópolis.

Quando perguntados se as áreas verdes presentes à margem do rio Poxim são adequadas e preservadas, cerca de 76,00% dos residentes no Jabotiana, 77,78% no São Conrado, 77,97% na Farolândia e 84,78% no Inácio Barbosa responderam que não. A

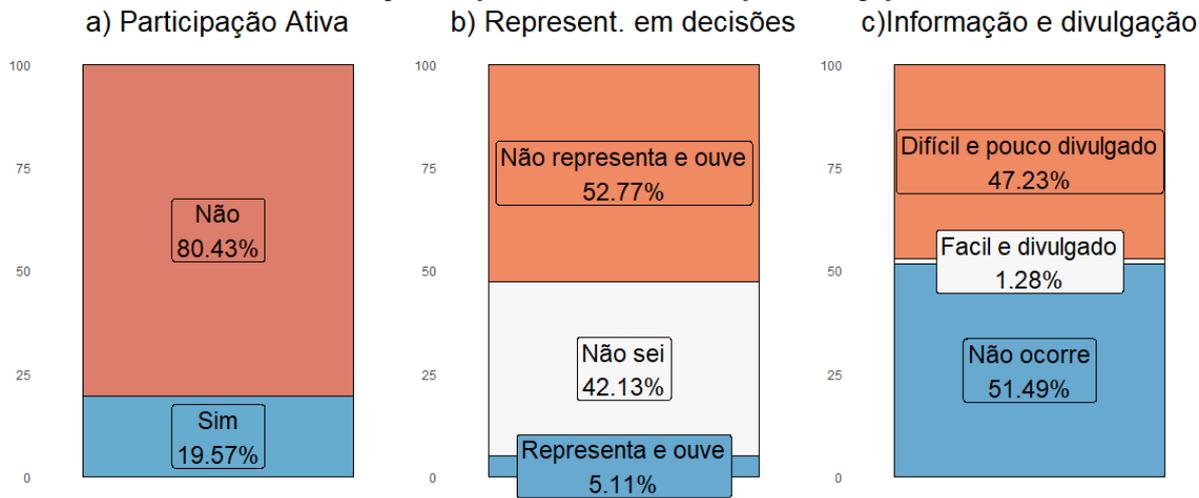
percepção do grau de alguns impactos também foi perguntada, em sua maioria as pessoas qualificam como alto os impactos atribuídos pelas construções as margens, Figura 16a), e pelo lançamento de esgoto sanitário nas águas do rio Poxim, Figura 16b). No caso do alagamento, os residentes do bairro Jabotiana, cerca de 69%, classificam como alto, nos demais bairros, aproximadamente, 20% qualificam como Médio e 20% como Baixo.

Figura 16 - Percepção de impactos ambientais nas áreas adjacente ao rio Poxim. a) Qualidade da margem do rio. b) Lançamento de esgoto nas águas. c) Grau de transtorno de alagamentos.



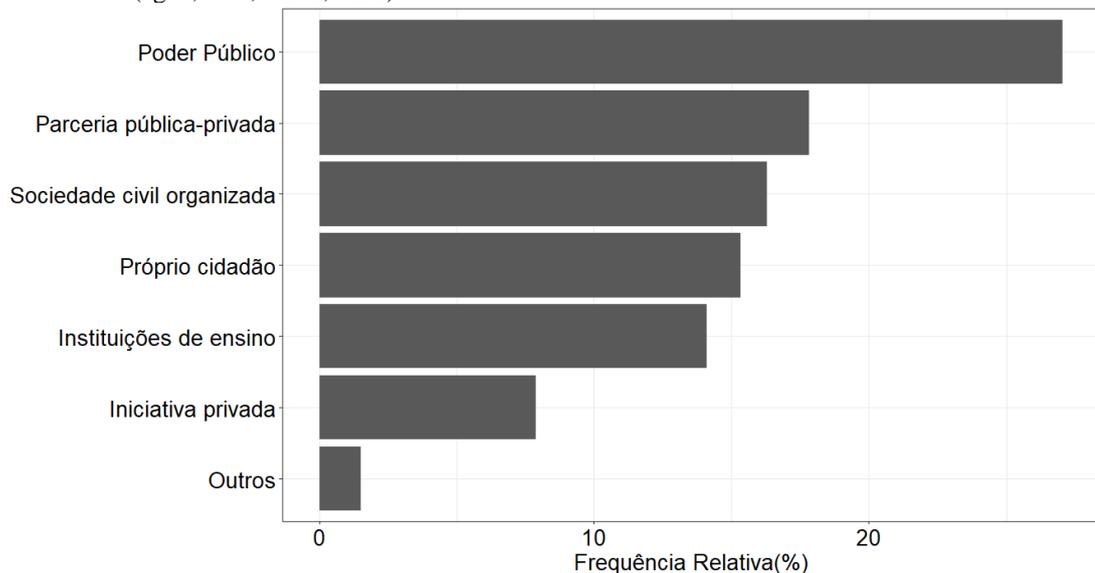
Sobre aspectos no processo de tomada de decisão, reunindo-se as respostas de todos os entrevistados, aproximadamente, 80% dos moradores não participam ativamente desse processo seja integrando alguma mobilização, associação, conselho, comitê, audiências entre outros espaços, Figura 17a), dos poucos que responderam positivamente cerca de 25% residem no bairro Jabotiana. Aproximadamente, 52% não se sente representado e nem ouvidos, Figura 17b), e 47% acham o acesso à informação difícil e pouco divulgada, Figura 17c).

Figura 17 - Aspectos ativo no processo de tomada de decisão. a) Participação em espaços de discussões sobre meio ambiente e saneamento. b) Representação. c) Acesso a informação e divulgação.



Na questão relacionada a quem seria responsável por atuar nas questões de saneamento e meio ambiente, Figura 18, 27% dos entrevistados atribuem ao Poder Público, 18% a parceria público-privada e 16% a sociedade civil organizada, 15% se responsabiliza enquanto cidadãos, 14% a instituição de ensino. Interessante esse equilíbrio das respostas pois a Constituição Federal Brasileira de 1988, Art. 225, impõe ao Poder Público e à coletividade o dever de proteger e preservar o meio ambiente, mas incumbe-se ao primeiro assegurar a efetividade desse direito de forma objetiva.

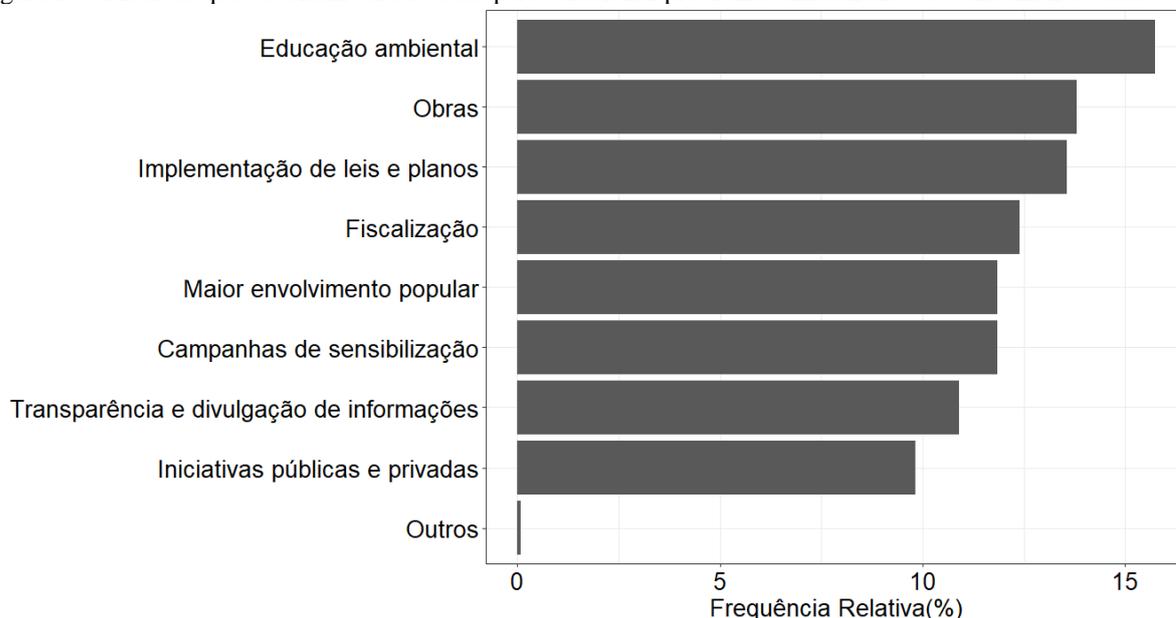
Figura 18 – Responsável por atuar nas questões de saneamento básico (água, esgoto, coleta de lixo, drenagem) e de meio ambiente (água, solo, fauna, flora).



Questionados quais medidas deveriam ser adotadas para solucionar problemas ambientais e de saneamento básico cerca de 45% dos entrevistados, Figura 19, acreditam que a Educação Ambiental, investimento e execuções de obras em serviços de saneamento básico e a implementação de leis e planos as medidas mais assinaladas para solucionar os problemas.

Nesse ponto as opções dadas aos entrevistados envolvem medidas realizadas por terceiros, nenhuma pessoa assinalou a questão de ser a própria mudança, eles entendem que são responsáveis, mas não se colocam como solução.

Figura 19 - Medidas que deveriam ser adotadas para solucionar problemas ambientais e de saneamento básico.



A recente lei que institui o Plano Municipal de Saneamento Básico de Aracaju (ARACAJU, 2019b) metas e orçamentos que abordam medidas estruturais em prestação de serviços de água, esgoto sanitário e resíduos sólidos e a questão da educação ambiental, porém não há estabelecimento de indicadores nem espaços de aberturas para medir o grau de satisfação e desempenho de serviços pelos usuários.

4.4 Conclusões

O regime de Governo brasileiro dado pela democracia impõe desafios ao seu representante em exercício, já que tomar decisões a partir da conciliação de demandas de diversos grupos ou indivíduos requer não só métodos e práticas para ouvir suas manifestações, inquietações e questionamento, mas também estimular a participação. O processo de transparência e divulgação é um aspecto também a ser explorado diante da era digital e em meio ao desigual acesso a diferentes mídias de comunicação.

A sustentabilidade incorpora essa dificuldade, ao subjugar o reducionismo e ao processo de desenvolvimento estimular um pensar e fazer sobre o meio ambiente que possibilite o diálogo entre a diversidade de indivíduos a uma relação forte e harmoniosa com a natureza, não somente a utilitarista, mas aquela simbólica, cultural e ética.

Diante das condições dos bairros, a maioria dos entrevistados qualificam os serviços de saúde e saneamento básico como regular e bom, mas eles não estão satisfeitos com a atuação do Poder Público e percebem os reflexos no meio ambiente de forma negativa qualificando a qualidade das águas do rio Poxim como ruim e péssima e classificam como altos o impacto das construções sob suas margens e do lançamento de esgoto sanitário.

É interessante como educação ambiental foi a medida de destaque a ser adotada para solucionar problemas ambientais e de saneamento básico. Ela não é uma medida a ser tomada isoladamente e talvez eles não tenham a consciência que seus frutos podem ser dados a médio/longo prazo, mas ser importante como uma ferramenta de transformação de atitudes.

Infelizmente, a veiculação dos questionários e seu caráter qualitativo não permitiu a recepção dos sentimentos dos entrevistados e poucos deles recorreram a opções outros como forma de complementar com outras perspectivas as respostas sugeridas. Entretanto, as informações direcionam as ações do Poder Público responsável no processo em que o morador contribui financeiramente e deve ser participativa e transparente.

REFERÊNCIAS

- ABREU, F. L.; VASCONCELOS, F. P.; ALBUQUERQUE, M. F. C. A Diversidade no Uso e Ocupação da Zona Costeira do Brasil: A Sustentabilidade como Necessidade. **Conexões - Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 5, p. 8, 2017.
- ARACAJU. Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Aracaju, Lei Complementar N° 42 DE 04 DE OUTUBRO DE 2000. **Diário Oficial Municipal nº 996 em 06 de Outubro de 2000.**, 2000.
- _____. PLANO DE CONTINGÊNCIA PERÍODOS CHUVOSOS. 2019a.
- _____. **Plano Municipal de Saneamento Básico**, 2019b.
- _____. **Sítio de informações georreferenciadas da Prefeitura do Município de Aracaju/SE.** Disponível em: <<http://siugweb.aracaju.se.gov.br/src/php/app.php>>.
- ARRUDA, P. N.; LIMA, A. S. C.; SCALIZE, P. S. Gestão dos serviços públicos de água e esgoto operados por municípios em Goiás, GO, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, v. 11, n. 2, 2016.
- BARBETTA, P. A. Estatística aplicada às ciências sociais. **Editora da UFSC**, p. 340, 2002.
- CARVALHO, M. E. S.; MENDONÇA, F. D. A.; PINTO, J. E. D. S. S.; BRAZIL, J. L. S. EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO E IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS URBANOS : ARACAJU DE 1986 A 2015. p. 1430–1442, 2016.
- CUNHA, A. S.; LEITE, E. B. Percepção ambiental: implicações para a Educação Ambiental. **Sinapse Ambiental**, p. 66–79, 2009.
- CUNHA, M. C.; CANAN, B. Percepção Ambiental De Moradores Do Bairro Nova Parnamirim Em Parnamirim/Rn Sobre Saneamento Básico. **Holos**, v. 1, p. 133, 2015.
- FUKUDA, J. C.; ALMEIDA, E. V. DE; FREITAS, A. A. DE; PAIVA, L. G.; LONTRO, F.

D. G.; BENDELAK, O. A Baía de Guanabara mudou na quarentena ? pescadores dizem que sim. **((o))eco**, 2020.

GERHARDINGER, L. C.; GODOY, E. A.; DAPPER, C. G.; CAMPOS, R.; MARCHIORO, G. B.; SFORZA, R.; POLETTE, M. Mapeamento participativo da paisagem marinha no Brasil experiências e perspectivas. *In*: NUPEEA (Ed.). **Métodos e Técnicas na Pesquisa Etnobiológica e Etnoecológica**. Recife: [s.n.]. p. 109–149.

IBGE. **CENSO 2010**.

____. **Internações hospitalares por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado, total e segundo as categorias de doenças**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/898>>.

____. PNAD 2017: Acesso à Internet e à Televisão e Posse de Telefone Móvel Celular Para Uso Pessoal. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**, p. 1–12, 2018.

LUCENA, A. J. DE. Notas Conceituais e Metodológicas em Clima Urbano e Ilhas de Calor. **Revista Continentes (UFRRJ)**, n. 2, p. 28–59, 2013.

MARINONI, O.; HIGGING, A.; COAD, P.; GARCIA, J. N. Directing urban development to the right places: Assessing the impact of urban development on water quality in an estuarine environment. **Landscape and Urban Planning**, v. 113, p. 62–77, 2013.

NASCIMENTO, M. M.; ARAÚJO, H. M. DE. A urbanização extensiva de Aracaju e a formação de novos aglomerados habitacionais: avaliação a partir da desagregação de dados dos CENSOS-IBGE. **Caderno de Geografia**, v. 28, n. 52, p. 166, 2018.

NÓBREGA, R. S.; BAKKER VITAL, L. A. DE. Influência da urbanização sobre o microclima de Recife e formação de Ilha de Calor. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, n. 3, p. 151–156, 2010.

OLIVEIRA, I. G.; COSTA, S. M. F. DA. Análise da percepção ambiental dos moradores de área de várzea urbana de uma pequena cidade do estuário do Rio Amazonas. **Paisagem e Ambiente**, n. 40, p. 151, 2017.

OLIVEIRA, N. R. DE; SANTOS, C. R. DOS; TURRA, A. Environmental perception as support for coastal management in the bay of araçá, northern coast of the são paulo state, Brazil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 44, p. 140–163, 2018.

PAIVA, R. F. DA P. DE S.; SOUZA, M. F. DA P. Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil. **Cadernos de Saude Publica**, v. 34, n. 1, p. 1–11, 2018.

ROCHA, E. A Constituição Cidadã e a institucionalização dos espaços de participação social: avanços e desafios. *In*: **20 anos da Constituição Cidadã: avaliação e desafio da Seguridade Social**. Brasília: ANFIP, 2008. p. 131–148.

ROCHA, R. A. DA; REGIS, B. B.; PETROLL, M. DE L. M. AVALIAÇÃO DA SATISFAÇÃO DOS CLIENTES DA COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO – CASAN (SC). **Revista GESTO**, v. 4, n. 2, p. 28, 2016.

RODRIGUES, M. L.; FERNANDES, V. A percepção ambiental como instrumento de apoio na gestão e na formulação de políticas públicas ambientais Environmental awareness as a support tool in the management and formulation of environmental public policies. **Saúde e Sociedade**, v. 21, p. 96–110, 2012.

SANTANA, L. B. DE; ARAÚJO, H. M. DE. Avaliação da fragilidade ambiental e riscos associados da região metropolitana de Aracaju/ Sergipe. **Revista de Geociências do**

Nordeste, v. 2, n. 0, p. 1347–1357, 2016.

SOUTO, R. D. Mapeamento participativo a qualidade ambiental para conhecer como ferramenta da zona costeira. *In: Gestão ambiental e sustentabilidade em áreas costeiras e marinhas: conceitos e práticas*. Rio de Janeiro: Instituto Virtual para o Desenvolvimento Sustentável? IVIDES.org, 2020. v. 1p. 131–152.

SPERLING, M. VON. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: UFMG, 2014.

UHR, J. G. Z.; SCHMECHEL, M.; UHR, D. D. A. P. Relação entre saneamento básico no Brasil e saúde da população sob a ótica das internações hospitalares por doenças de veiculação hídrica. **Revista de Administração, Contabilidade e Economia da Fundace**, v. 7, n. 2, 2016.

UN WATER. Relatório-síntese 2018 do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6). 2018.

VIEIRA, S. **INTRODUÇÃO À BIOESTATÍSTICA**. Rio de Janeiro: [s.n.].

VINUTO, J. A AMOSTRAGEM EM BOLA DE NEVE NA PESQUISA QUALITATIVA: UM DEBATE EM ABERTO. **Temáticas**, v. 22, n. 44, p. 203–220, 2014.

5 QUALIDADE, ENQUADRAMENTO E LIMITAÇÕES DO USO DAS ÁGUAS EM UM ESTUÁRIO TROPICAL

Resumo

As zonas costeiras e estuários possuem uma alta densidade populacional e ocupação urbana que ameaça a qualidade de seus recursos naturais. Arelado aos impactos, há uma ligeira indiligência associada a gestão e a necessidade em estudos contínuos nesses sistemas. Esse trabalho tem como objeto um estuário tropical localizado no Brasil, que possui o instrumento do enquadramento promulgado recentemente e propõe a avaliação da qualidade de suas águas considerando aspectos internos e uma ferramenta de indicação para as metas de classes instituídas por esse instrumento, o Índice de Conformidade ao Enquadramento. Observou-se que a salinidade variou entre 0,07 g/kg e 38,64 g/kg e alterações no oxigênio dissolvido e fósforo total indicam poluição por esgotamento sanitário. Para a época seca e os pontos do estuário central o Índice de Conformidade ao Enquadramento qualifica-se como ruim, afastando-se dos níveis desejados para as classes de enquadramento. No estuário em estudo há uma necessidade de um plano de monitoramento da qualidade de suas águas para o alcance das metas estabelecidas pelo enquadramento.

Palavras-chave: ICE/CCME. Avaliação. Qualidade das Águas.

5.1 Introdução

Situados na interface terra-mar, os sistemas costeiros e estuarinos pela sua alta produtividade e dinâmica provêm numerosos serviços ecossistêmicos. No entanto, eles são vulneráveis a influência antropogênica que afetam processos, funções e mecanismos de controle em seus ecossistemas locais ao provocarem mudanças espaciais, ecológicas e em fluxos de energia, água e nutrientes (BARBIER *et al.*, 2011; CLOERN *et al.*, 2016).

Uma grande concentração populacional vive nessa pequena parte da superfície terrestre, mais de 40% da população mundial vive a 100 quilômetros da costa (IOC/UNESCO, IMO, FAO, 2011), sendo as densidades populacionais nessas áreas 2,6 vezes maiores que as interiores (MEA, 2005). Há um efeito crescente em áreas tropicais e equatoriais, que entre 1945 e 2012 o número de cidades e aglomerados costeiros aumentaram de 94 para 795 e a população passou de 45 milhões para 614 milhões (BARRAGÁN; ANDRÉS, 2015).

Globalmente, a ameaça das mudanças climática afeta, em particular, a biota de águas costeiras tropicais vulneráveis ao aumento de temperatura e eventos extremos (VINAGRE *et al.*, 2016). O crescimento populacional e a ocupação inadequada ocasionam a entrada de matéria orgânica e nutrientes que provocam hipóxia, toxicidade de amônio, contaminação

bacteriana, eutrofização, contaminação por metais e poluentes orgânicos (BOUVY *et al.*, 2010; CLOERN *et al.*, 2016; LU *et al.*, 2018).

Evidências nos estuários tropicais sul-americanos apontam preocupação pois, pelo menos, 12 locais apresentam hipóxia ou anóxia permanente e 17 locais são considerados eutróficos (COSTA; BARLETTA, 2016). A análise de dados de 2006 e 2009 do estuário de Goiana/PE indicam que a cabeceira variações de níveis de Oxigênio Dissolvido (OD), entre 3 e 6 mg/L, devido a temperaturas acima de 25°C, mas parâmetros como Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), entre 0,8 e 3,2 mg/L, e Fosforo Total (PT), entre 0,1 e 0,8 mg/L, mostraram que os efluentes orgânicos não afetaram significativamente (COSTA, Cibele Rodrigues *et al.*, 2017). Fenômenos de hipóxia ao longo de todo esse estuário também foram observado por COSTA *et al.* (2018), 42,8% dos valores de OD estavam entre 2,1 e 5,0 mg/L, que sugere ser interferências dos uso (urbanos e agrícolas) e de eventos climáticos.

Quanto a nutrientes, BRANDINI *et al.* (2016) em estudo no sistema estuarino Baía do Guanabara/RJ que mais de 95% do nitrogênio total e dissolvido são representados pelo íon amônio, provavelmente influenciada pelo processo de amonificação da matéria orgânica resultando em baixos valores de oxigênio também e indicando forte influência de efluentes domésticos. No sistema estuarino Itajaí-Açu o aumento de indicadores de matéria orgânica, amônio e fosfato sugerem que a falta de coleta e tratamento de esgoto urbano aumenta os aportes desse na água afetando sua qualidade (PEREIRA-FILHO *et al.*, 2010).

Particularmente, a qualidade ambiental em estuários depende de múltiplos fatores internos e externos e incide em critérios de classificação estéticos, sanitários, tróficos, tóxicos, ecológicos com análises na coluna d'água ou sedimentos que deve partir de consenso entre gestores, comunidade científica e usuários (BORJA; DAUER, 2008; SILVA, 2000). Além disso, no processo de gestão para a avaliação de projetos é importante o uso de ferramentas de síntese de informações que permita avaliar o sucesso da tomada de ação como os indicadores e índices (ZHAO *et al.*, 2016).

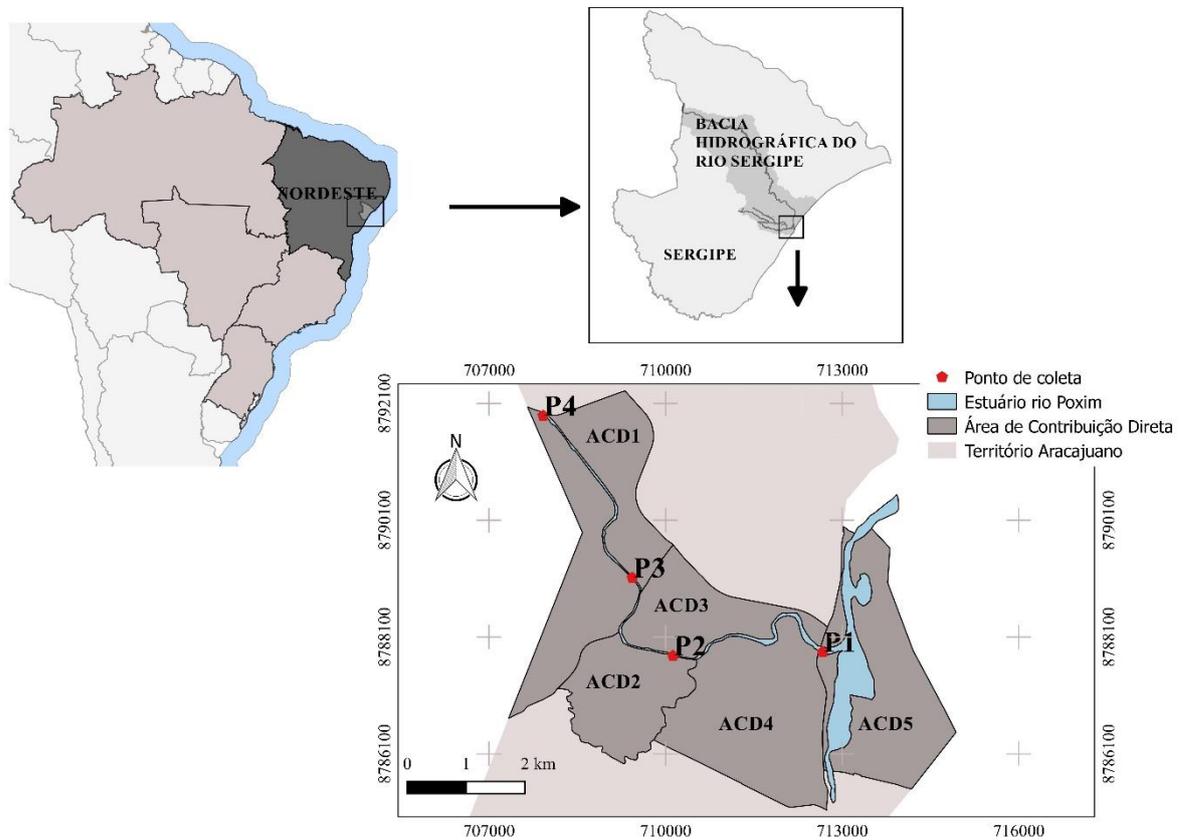
O presente estudo avalia a qualidade do estuário do rio Poxim de forma a verificar sua conformidade quanto ao enquadramento. Esse instrumento apresenta metas que visam atingir gradativamente os objetivos propostos em termos de classes de qualidades d'água (BRASIL, 1997, 2005) pode ser associado a ferramentas como o Índice de Conformidade ao Enquadramento (CCME, 2017) que permite flexibilidade quanto a parâmetros específicos, diretrizes e período de tempo.

5.2 Materiais e Métodos

5.2.1 Área de estudo

Localizada na região nordeste brasileira, no estado de Sergipe, o estuário do rio Poxim integra uma das mais importantes Bacias Hidrográficas locais, conforme mostra a Figura 21. O fluxo de suas águas flui sob áreas urbanas da capital do estado e possui uma relação peculiar com a ocupação da área e expansão desse município.

Figura 20 - Localização da área de estudo.



Legenda: Área de Contribuição Direta (ACD).

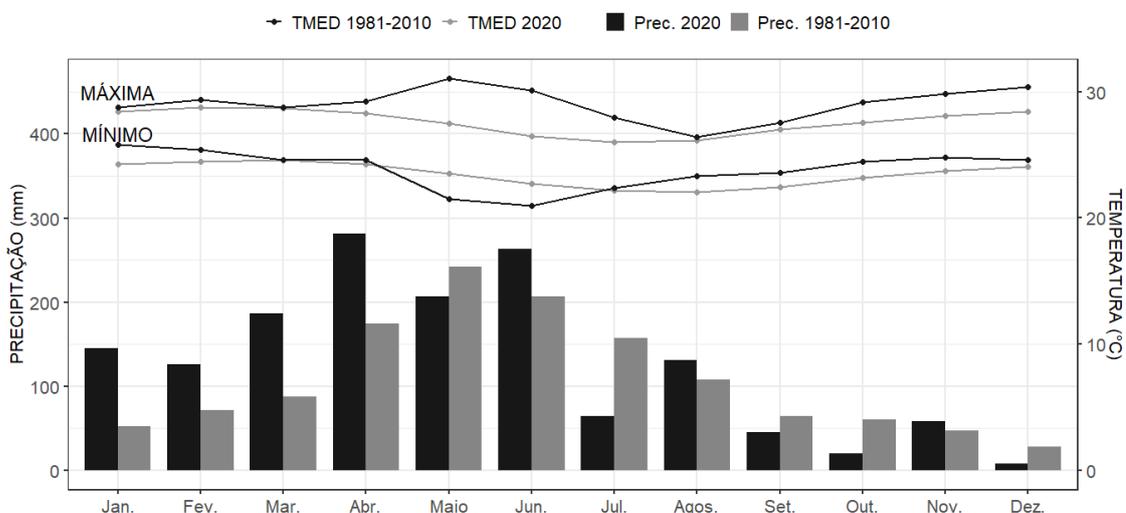
O estuário apresenta uma baixa velocidade de corrente d'água devido ao seu talvegue sinuoso, com extensão total de cerca 11 km, seu setor superior possui extensão de 200-300 m não havendo salinidade marinha, largura da cabeceira medidas em torno de 15 m e da desembocadura com a foz do rio Sergipe/Oceano Atlântico com cerca de 100 m, suas profundidades podem chegar a 2,5 m, com alguns pontos de assoreados (DESO, 2011).

Não se tem informações sobre suas características físicas associadas a circulação e mistura que influencia o controle, distribuição e do transporte de materiais (matéria orgânica particulada, sais, sedimentos, nutrientes, poluentes). Mas sabe-se que o ciclo de maré é

semidurno e à medida que a maré adentra ocorre uma importante dinâmica de acumulação e devido a sedimentação possibilita a presença de manguezais ao longo das áreas sobre sua influência (ARAÚJO, Hélio Mário De, 2006).

Considerando as características climáticas, elas são instáveis influenciadas pela área marinha, a posição geográfica e a atuação de sistemas meteorológicos, possuindo média de precipitação anual acima de 1.000 mm e temperaturas médias mínimas e máximas em torno dos 26°C e 29°C, respectivamente. De acordo com a classificação Köpen, o clima é o tropical úmido com chuvas mais intensas nos meses de outono/inverno, entre os meses de abril e agosto, com máximas no mês de maio. (ARAÚJO *et al.*, 2010;; DINIZ, MEDEIROS e CUNHA, 2014). A Figura 22 mostra o comportamento dos dados de precipitações médios, temperatura média mínima e máxima da normal climatológica entre os anos de 1981 e 2010, como também essas mesmas variáveis para o ano de 2020, período em que se procedeu as coletas no estuário.

Figura 21 - Variações mensais de precipitação e temperaturas médias na cidade de Aracaju.



Fonte: organizado a partir dos dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Legenda: Temperatura Média (TMED); Precipitação (Prec.).

A ocupação dessa área deu-se sob forte pressão da expansão e do mercado imobiliária sob ecossistema resiliente de mangue e, ao passo que conjuntos com residências ou condomínios surgiram e consolidaram-se, houve uma oferta insuficiente em serviços de saneamento básico como drenagem pluvial e esgotamento sanitário (NASCIMENTO; ARAÚJO, 2018). Além disso, a presença de estações de tratamentos ao longo do estuário com déficits de eficiência e a conurbação com cidades adjacentes impactam negativamente não só o manguezal adjacente, como também às águas estuarinas.

No que concerne a gestão desse recurso, ela está preconizada em dois instrumentos distintos, o Enquadramento dado pela Resolução do Conselho Estadual de Recurso Hídricos (CERH) Nº 40/2019 e a proposta de Zonas Ecológicas-Econômicas (ZEE) para o Gerenciamento Estadual Costeiro (GERCO) Lei Estadual Nº 8.634/2019. O primeiro enquadra a área diante de dois usos preponderantes: da parte superior dos estuários até o encontro com o rio Pitanga, como água doce classe 2, visto áreas de forte urbanização e a proximidade de um ponto de captação, e desse encontro até o exutório salobra classe especial, pela presença do Parque Natural Municipal do Poxim, dado pelo Decreto Estadual Nº 5.370/2016.

Já a proposta de ZEE (IDB, 2019) para o local é dividir a área em três zonas: a Zona de Uso Urbano Consolidado, a Zona de Proteção dos Recursos Hídricos e as Zonas Úmidas, Zona de Proteção Ambiental Permanente. Essas regulamentações são recentes e poderiam ser dadas de forma integrada diante os conflitos existentes nessa área e a necessidade de máxima efetivação para salvaguardar o estuário e seus serviços ecossistêmicos.

5.2.2 Amostragem e medida de parâmetros

Adaptou-se a proposta de Araujo e Melo (2000) para o planejamento da amostragem no local, que contemplou as seguintes etapas: reconhecimento de campo; determinação do período de amostragem e dos parâmetros; procedimento da coleta e preservação da amostra; determinação dos parâmetros; análise e interpretação dos resultados. Além disso, foram seguidas orientações e medidas por ocorrer em momento de restrição devido a pandemia da COVID-19.

Na etapa de reconhecimento de campo também foram definidos os pontos de coletas, essa ocorreu no dia 19 de novembro de 2019, no período entre 08:00 e 11:00 horas de forma a se avaliar viabilidade de acesso, fazer registros fotográficos e o georreferenciamento dos pontos. O Quadro 12 apresenta características desses pontos e a escolha deu-se de forma a contemplar as diferentes partes do estuário e de forma a se avaliar a influência da ocupação da área. foram selecionados 04 pontos: 01 no estuário superior (P4), 02 no estuário médio (P3 e P2) e 01 no estuário inferior (P1), conforme presente na Figura 21.

No reconhecimento de campo observou que as margens do estuário, próximas ao ponto de coleta aparentam uma mata ciliar com vários pontos de descarte irregulares de resíduos sólidos urbanos e de construção civil, presença de condomínios e residências, canais e dispositivos de drenagem que direcionam esgoto sanitário no rio.

Quadro 12 - Descrição dos pontos de coleta

PONTO DE COLETA	COORDENADA UTM	DESCRIÇÃO	REGISTRO FOTOGRÁFICO
P1	712614 mE; 8787841 mS	Localizado na parte inferior estuarina, em que há predominância da influência de água marinhas, nota-se no local presença de algumas residências e comércios, além de um parque e áreas de mangues.	
P2	710125 mE 8787779 mS	Localizado na parte central estuarina, em área urbana consolidada, às margens são ocupadas por manguezal que dividem espaço com residências, que descartam esgoto sanitário diretamente nas águas.	
P3	709435 mE; 8789116 mS	Localizado na parte central estuarina, zona de mistura, em área urbana consolidada, às margens são ocupadas por manguezal denso, mas observam a presença de dispositivos de drenagem e esgoto sanitário, como também descarte de resíduo sólidos.	
P4	707920 mE; 8791889 mS	Localizado na parte superior do estuário, com predominância de água doce, a montante está localizada uma estação de abastecimento de águas, como também algumas residências e comércios, observa-se na mata ciliar a presença de resíduo sólidos.	

Fonte: elaborado pela autora.

A determinação do período de amostragem considerou análise da série histórica de precipitação, Figura 22. Diante disso, as coletas foram realizadas nos meses finais de altas precipitações, agosto e setembro, que se denominam como chuvosos e nos meses iniciais de baixas precipitações, novembro e dezembro, denominados de seco. As restrições empregadas pela pandemia não proporcionaram realizar coletas em períodos chuvosos e secos marcantes.

O fenômeno de maré também foi considerado durante a amostragem, determinando os dias e faixas de horário para a coleta. Conforme Araujo e Melo (2000), esse fenômeno influencia na variação do nível da água ao longo do dia, especificamente, no aporte de água doce e salgada no estuário, influenciando em vários processos como a diluição de efluentes e a microbiota local.

Importante destacar que aspectos como clima, geomorfológicos e a batimetria local da região podem alterar, significativamente, as alturas alcançadas pela propagação da onda de maré e os seus horários. Como não há informações locais de dados de níveis de água ou marés, optou-se por utilizar previsões de maré da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil próxima a área para definição de dias e horários de coleta com atraso de 1 hora, conforme informações da Tabela 06, no Apêndice D há uma figura gráfica com os momentos de coleta.

Tabela 06 – Dias e horários de amostragem.

DIA	PRECIPITAÇÃO ACUMULADA 15 DIAS (mm)	FAIXA HORÁRIA	AMPLITUDE (m)	TIPO DE MARÉ
28/08 Sex (Chuvoso)	49,2	06:41 – 13:02	0.5 – 1.7	Enchente
22/09 Ter (Chuvoso)	20,6	07:38 – 13:49	2.0 – 0.4	Vazante
25/11 Quar (Seco)	8,6	13:23 – 19:34	1.7 – 0.5	Vazante
18/12 Sex (Seco)	3,6	12:41 – 18:49	0.5 – 1.9	Enchente

Organizado pela autora.

A coleta e armazenamento das amostras procedeu conforme procedimento do Guia da ANA (2011). Pelas restrições de medidas devido à pandemia, as coletas foram realizadas sob pontes localizadas ao longo da calha do estuário e localizadas nos pontos da Figura 21, utilizando como amostrador um balde de aço inox ambientado com água do local, antes da coleta. As amostras foram armazenadas em recipientes de polietileno e armazenadas em uma caixa de isopor e gelo até a geladeira para análises.

As análises determinaram as medidas dos seguintes parâmetros: Temperatura da Água (TEMP), Oxigênio Dissolvido (OD), Oxigênio Saturado (ODs), Condutividade Elétrica (CE), pH, Salinidade (S), Fósforo Total (FT). Os parâmetros medidos in loco foram TEMP, OD, ODs; no Laboratório de Tecnologia e Monitoramento Ambiental (LTMA) da Universidade Federal de Sergipe foram medidos CE e pH e determinados S, FT a Tabela 07 apresenta um resumo das análises realizadas.

Tabela 07 - Parâmetros a serem analisados.

PARÂMETRO	LIMITE OU FAIXA DE QUANTIFICAÇÃO	MÉTODO/INSTRUMENTO
Oxigênio Dissolvido	0,0 a 20,0 mg/L	Sonda Multiparâmetros SensoDirect 150
Temperatura da Água	0 °C a 60 °C	Sonda Multiparâmetros SensoDirect 150
Condutividade Elétrica	0 – 20 uS/cm,	Condutímetro modelo W12D
	20 ~ 200uS/cm,	
	0,2 ~ 2mS/cm,	
	2 ~ 20mS/cm,	
	20 ~ 200mS/cm	
pH	1 – 12	pHmetro modelo PHS3BW
Salinidade	0,01 g/kg	SMEWW, 2017, 2520 B
Fósforo total	~ 0,006 mg P/L	SMEWW, 2017, 4500-P B5, E

Organizado pela autora.

Legenda: *Standart Methods for the Examination of Water and Wasterwater* (SMEWW) (APHA, 2017).

A salinidade expressa a medida da massa de sais dissolvido em uma dada solução e para sua determinação foi utilizado um método indireto dado pela condutividade com uso da Escala de Salinidade Prática de 1978 dada por uma relação de igualdade entre uma solução de KCl contendo massa de 32,4356 g em uma massa de 1 kg de solução, definida como a salinidade prática de 35, e uma água do mar com condutividade, C, a 15 °C (APHA, 2017).

O procedimento de medição dá-se por essa dependência da relação da condutividade com a salinidade (R_t) de uma dada amostra para uma água do mar padrão 35, em função da temperatura. Diante disso, mediu-se a condutividade de uma solução de 100 g com 3,236 g de KCl e, posteriormente, das amostras, para cálculo da razão, R_t (8).

$$R_t = \frac{\text{Condutividade da amostra}}{\text{Condutiv. KCl padrão}} \quad (8)$$

Dado que há a necessidade de correção com valores de temperatura, através de (9) e (10) obtem-se o valor final de salinidade das amostras (S)

$$S = a_0 + a_1 R_t^{1/2} + a_2 R_t + a_3 R_t^{3/2} + a_4 R_t^2 + a_5 R_t^{5/2} + \Delta S \quad (9)$$

$$\Delta S = \left[\frac{t-15}{1+k(t-15)} \right] b_0 + b_1 R_t^{1/2} + b_2 R_t + b_3 R_t^{3/2} + b_4 R_t^2 + b_5 R_t^{5/2} \quad (10)$$

Em que:

$a_0 = 0,0080$	$b_0 = 0,0005$	
$a_1 = - 0,1692$	$b_1 = - 0,0056$	
$a_2 = 25,3851$	$b_2 = - 0,0066$	$k = 0,0162$
$a_3 = 14,0941$	$b_3 = - 0,0375$	
$a_4 = - 7,0261$	$b_4 = 0,0636$	$t = \text{temperatura}$
$a_5 = 2,7081$	$b_5 = - 0,0144$	

A determinação de fósforo total, inicialmente, deu-se pelo método de digestão seguido pelo colorimétrico e espectrométrico. A etapa de digestão objetiva a oxidação da matéria orgânica de forma a liberar o fósforo como ortofosfato e para isso no bloco aquecedor, durante 40 minutos, foi aquecida, em becker, uma mistura de 50 mL das amostras junto a 1 mL de ácido sulfúrico a 30% e 10 mL de solução de persulfato de potássio a 5%. Após esfriamento, em cada mistura foi adicionado uma gota de fenolftaleína e de hidróxido de sódio 6 M até uma coloração rósea, que posteriormente, foi neutralizada com 1 mL de ácido sulfúrico 2.5 M, de forma finalizar essa etapa (APHA, 2017).

De cada mistura foi retirada uma alíquota de 50 mL, em que foi adicionado 8 mL de um reagente combinado formado por 25 ml da solução de ácido sulfúrico a 2.5 M; 2,5 ml da

solução de tartarato de antimônio e potássio; 7,5 ml da solução de molibdato de amônio; e 15 ml da solução de ácido ascórbico 0,1M. A reação do molibdato e o tartarato, em meio ácido, com ortofosfato para formar o ácido fosfomolibdico que reduzido a azul de molibdênio é intensamente colorido pelo ácido ascórbico. Após pelo menos 10 min, mas não mais do que 30 min, foi medida a absorvância de cada amostra a 880 nm, usando o branco do reagente como solução de referência (APHA, 2017).

5.2.3 Análise estatística

Com uso de um editor de planilhas computacional e o software livre R, aplicou-se alguns análises e técnicas estatísticas descritivas e inferenciais, além da apresentação dos dados no formato de tabelas e gráficos que possibilitou extrair informações.

A análise dada pela estatística descritiva permite resumir e descrever o conjunto de dados. Diante disso, os dados foram tabelados, com uso das medidas de posição, a média (11), e de dispersão, o desvio padrão (12) e o coeficiente de variação (13), de um conjunto de n valores numéricos x_1, x_2, \dots, x_n .

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (11)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (12)$$

$$C. V. (\%) = \frac{s}{\bar{x}} \quad (13)$$

Desse resumo, os dados também foram representados graficamente de forma descrever seus valores e discutir as possíveis interferências quanto a referência de condições e padrões para seu enquadramento.

Por meio de argumentos estatísticos, técnicas da estatística inferencial foram empregadas de forma a ser possível se fazer afirmações probabilística sobre a população a partir de um conjunto de valores representativo. Em geral, os testes baseiam-se em, a partir da amostra, decidir se rejeita ou aceita hipóteses (H_0 e H_1) sobre um parâmetro, verificando se as diferenças são estatisticamente significativas dadas por influência do acaso ou de causas fatoriais como localização, poluentes, condições sazonais entre outros (PADOVANI, 2014). Nesse estudo, o designer dos testes tem por finalidade avaliar dois efeitos, separadamente, sob os parâmetros: da localização e de sazonalidade (precipitação e maré).

Para a escolha do teste foi necessário avaliar alguns pressupostos (APÊNDICE E), para verificação de normalidade, utilizou-se o Teste de Shapiro-Wilk e para a homogeneidade das variâncias, o Teste de Levene (SPERLING; VERBYLA; OLIVEIRA, 2020). Como forma de avaliar o efeito da localização, verificar se entre os pontos há diferenças significantes, foram utilizados os testes paramétricos de Análise de Variância (ANOVA) One-Way para OD, ODs e os demais parâmetros o teste de Kruskal-Wallis. Para verificar se há diferenças sazonais entre os grupos foi utilizado o Teste de Friedman de medidas pareadas para todos os parâmetros, além disso, para identificar quais grupos se diferem realizou-se o teste post-hoc de Dunn com correção de Bonferroni (FIELD; MILES; FIELD, 2012).

Ademais, de forma a se avaliar valores dos dados com padrão institucionais dado o enquadramento, calculou-se o Índice de Conformidade ao Enquadramento (CCME, 2017) por pontos e por sazonalidade. O cálculo desse índice deu-se baseado em 03 fatores:

- Abrangência (F1) - o número de parâmetros cujas diretrizes não são atendidas (14);

$$F1 = \frac{\text{Número de parâmetros que falharam}}{\text{Número total de parâmetros}} \quad (14)$$

- Frequência (F2) - a frequência com que as diretrizes não são atendidas (F2) (15);

$$F2 = \frac{\text{Número de testes que falharam}}{\text{Número total de testes}} \quad (15)$$

- Amplitude (F3) - quantidade em que as diretrizes não são atendidas (F3), calculado em três etapas:

1º ETAPA

Quando o valor do teste não deve exceder a diretriz:

$$e_i = \frac{\text{Valor do teste que falhou}}{\text{Valor do padrão}} - 1$$

Quando o valor do teste deve exceder a diretriz:

$$e_i = \frac{\text{Valor do padrão}}{\text{Valor do testes que falhou}} - 1$$

$$2^\circ \text{ ETAPA: } nse = \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{\text{Número total de testes}}$$

$$3^\circ \text{ ETAPA: } F3 = \frac{nse}{(0,01*nse+0,01)} \quad (16)$$

Uma vez obtidos os fatores, a abordagem trata o cálculo do índice como um espaço tridimensional definido por cada fator ao longo de um eixo, pela soma dos fatores como se fossem vetores e usando o teorema de Pitágoras (17).

$$ICE = 100 - \frac{\sqrt{F1^2+F2^2+F3^2}}{1,732} \quad (17)$$

O ICE varia entre 0 e 100 e ele pode ser traduzido nas seguintes categorias e escala colorimétrica:

Quadro 13 - Categorização do ICE.

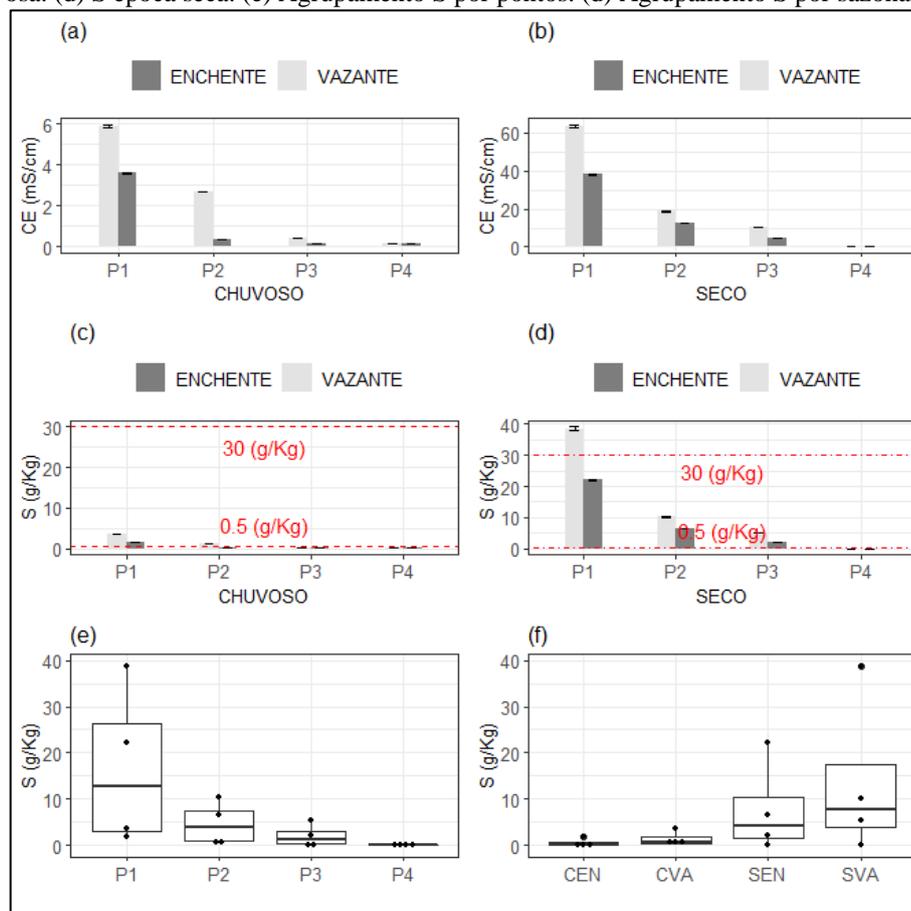
Excelente (95-100)	Excelente: ICE entre 95-100, valores obtidos se todos os valores estiverem dentro dos objetivos durante todo o tempo de observação;
Bom (80-94)	Bom: ICE entre 94-80, as condições raramente afastam-se dos níveis naturais ou desejados;
Mediano (65-79)	Razoável: ICE entre 79-65, as condições, às vezes, afastam-se dos níveis naturais ou desejados;
Marginal (45-64)	Marginal: ICE entre 64-45, as condições muitas vezes afastam-se dos níveis naturais ou desejados;
Ruim (0-44)	Ruim: ICE entre 44-0, geralmente afastam-se dos níveis naturais ou desejados.

Fonte: (CCME, 2017).

5.3 Resultados e Discussões

Em um estuário típico a salinidade aumenta da cabeceira para a desembocadura, com a água do mar mais densa abaixo da água doce (CAMPOS, 2010), assim comporta-se o estuário do rio Poxim, aumento sentido estuário superior (P4) - inferior (P1), com variações, em médias, de CE entre 0,16 mS/cm e 63,45 mS/cm, Figuras 23(a), 23(b), e S entre 0,07 g/kg e 38,64 g/kg, Figuras 23(c), 23(d). Entre P1 e P4 há diferenças significativas ($p = 0,0286$), Figura 23(e) como também entre os períodos CEN e SVA ($p = 0,0061$), Figura 23(e)

Figura 22 - Variações das concentrações de CE e S. (a) CE época chuvosa. (b) CE época seca. (c) S época chuvosa. (d) S época seca. (e) Agrupamento S por pontos. (d) Agrupamento S por sazonalidade.



Legenda: Chuvoso-Enchente (CEN), Chuvoso-Vazante (CVA), Seco-Enchente (SEN), Seco-Vazante (SVA).

Na parte central, Daltro Filho *et al.* (2014) encontraram valores de condutividade elétrica entre 200 e 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Rocha (2018) para a porção superior a inferior, na maré vazante encontrou valores de salinidade e condutividade, respectivamente, no período chuvoso, entre 0,01 e 1,00 g/kg e entre 100 e 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, e no período seco entre 0,1 e 30 g/kg e entre 200 e 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Em avaliação em pontos distintos localizados no estuário central e inferior desse estuário, entre os meses de ago/14 a julho/15, na maré baixa, Nilin, Santos e Nascimento (2019) verificaram variações no mês jul/15 entre 5 e 13 g/kg, enquanto que fev/15 foram entre 10 e 35 g/kg. Já SOUZA *et al.* (2018) encontrou alterações entre <0,5 e 35 g/kg, no período chuvoso na vazantes, mar/17, e entre 15 e 32 g/kg, no seco na enchente, ago/17.

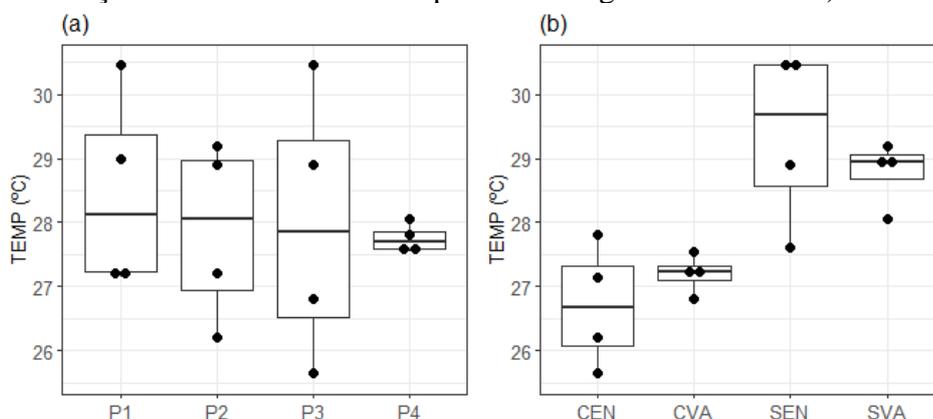
A oscilação da salinidade dá-se por interferência de sólidos dissolvidos em resposta ao volume precipitado ou evaporado, da descarga fluvial, contribuições por poluentes dissolvidos concentrados advindos da decomposição de matéria orgânica antrópica ou natural (PAGLIOSA, A. P. R. *et al.*, 2006; REZENDE *et al.*, 2013) ou escoamento de tributários e

áreas adjacentes (ASP *et al.*, 2018). Dado essas interferências, os valores médios da salinidade em maré vazante foram superiores aos de enchente nas duas estações, sugerindo a influência do tempo de residência. Conforme aponta o trabalho de CAVALCANTE (2015) no sistema estuarino do rio Jaguaribe onde essa mesma condição foi causada por um barramento físico imposto pela maré que aumenta o tempo de residência das águas, represa água doce durante maré enchente, favorecendo processos de evaporação, aumento de salinidade.

Para Elliott e Quintino (2007), a salinidade é um dos fatores que contribuem para o estresse na biota estuarina, dificultando a identificação de mudanças antropogênicas e fazendo com que a fauna e a flora local apresentem adaptações bioquímicas e fisiológicas. Em estudo sobre biodegração de efluentes extraídos do rio Poxim, SOUZA (2009) observou que a salinidade afetou significativamente o crescimento microbiano e o consumo do substrato.

Dentre outros fatores importantes para a caracterização de ambientes estuarinos são a temperatura e o pH. As águas estuarinas do rio Poxim são relativamente quentes e estáveis, com média amostral geral de 28,0°C e amplitudes de 1 a 4°C entre as estações chuvosas e secas, conforme mostra a Figura 24(a) e Figura 24(b).

Figura 23 - Variação local e sazonal da temperatura da água do estuário. a) Local. b) Sazonal.



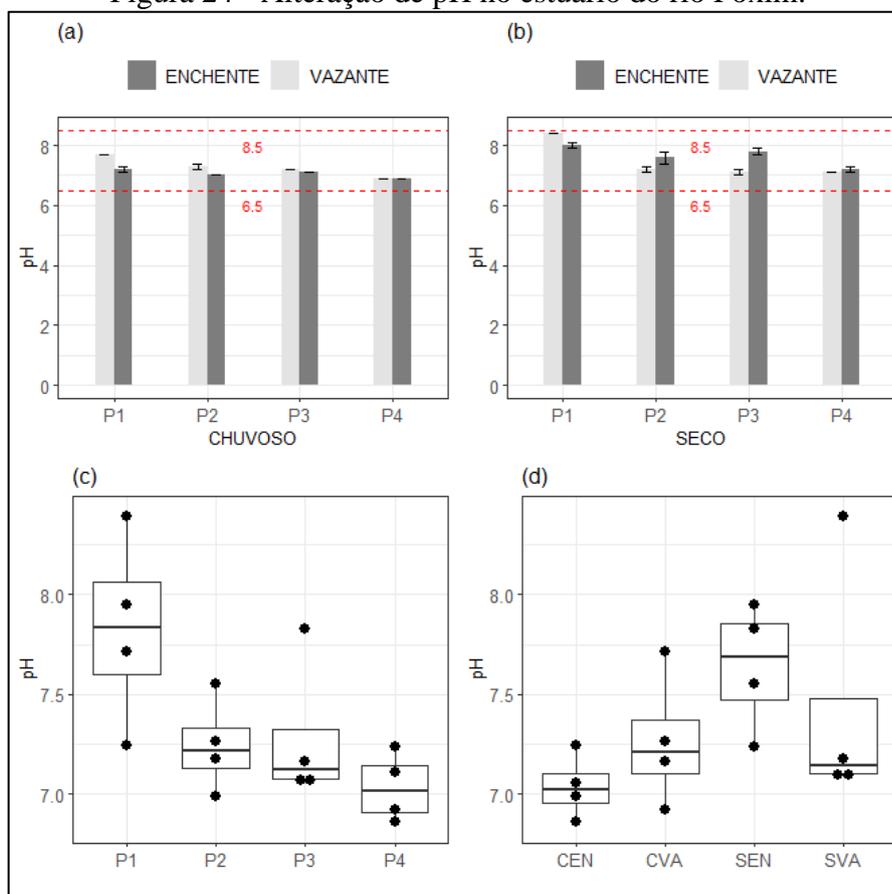
Legenda: Chuvoso-Enchente (CEN), Chuvoso-Vazante (CVA), Seco-Enchente (SEN), Seco-Vazante (SVA).

A menor temperatura registrada foi de 25,7 °C (1,4%), na época chuvosa enchente, e maior de 30,5°C (1,2%) (APÊNDICE F), na época seca enchente. As variações entre pontos não foram estatisticamente significantes ($X^2_3 = 0,27$; $p = 0,96$), Figura 24(a), como também não houve diferenças estatísticas entre as sazonalidades ($X^2_3 = 7,5$; $p = 0,057$), mesmo sendo notável as temperaturas mais altas na época seca, variando entre 26,0°C e 35,0°C, Figura 24(b).

Estuários tropicais apresentam faixas sazonais de 4-5°C decorrente da pequena constante insolação, resultando em uma combinação de aquecimento solar direto da coluna d'água e transferência indireta de calor das áreas entremarés e, geralmente, não é um fator limitante nessas áreas (EYRE; BALLS, 1999). Geralmente, a temperatura não é um fator limitante da produção primária, mas algumas alterações ocasionadas pela sazonalidade no meio aquático podem resultar em alterações na produção e composição de comunidade fitoplanctons e zooplanctons o que requer a esses seres estratégias fisiológicas e reprodutivas (ARAUJO; DIAS; BONECKER, 2017; PAN *et al.*, 2016).

O pH no estuário sofre uma alta variabilidade devido a inputs do oceano próximo e da bacia hidrográfica, em geral, na água superficial do mar é normalmente mais alto (~8,1) e mais estável do que na água doce (SILVA, *et al.*, 2017). O pH no estuário do rio Poxim apresentou valor mínimo de 6,9 (0,2%) e máximo de 8,4 (0,3%), com 68% das amostras (n=16) neutras, em torno de pH 7,0 (APÊNDICE F). Conforme mostra a Figura 25(a) e Figura 25(b), o pH se manteve na faixa de enquadramento do estuário, para água salobra, classe 1.

Figura 24 - Alteração de pH no estuário do rio Poxim.



Legenda: Chuvoso-Enchente (CEN), Chuvoso-Vazante (CVA), Seco-Enchente (SEN), Seco-Vazante (SVA).

Quanto a diferenças estatísticas, não houve efeito espacial do pH ($X^2_3 = 7,4$; $p = 0,05987$) e sim efeito quanto a sazonalidade do pH ($X^2_3 = 9,3$; $p = 0,02556$) com diferença significativo entre CEN e SEN ($p = 0,016$), Figura 25(d). Alteração semelhante foi verificada no estuário de Murderkill (EUA) que pela baixa precipitação, na época seca, houve uma menor entrada de água doce, reduzindo seu efeito no tamponamento da água do mar (PETTAY *et al.*, 2020).

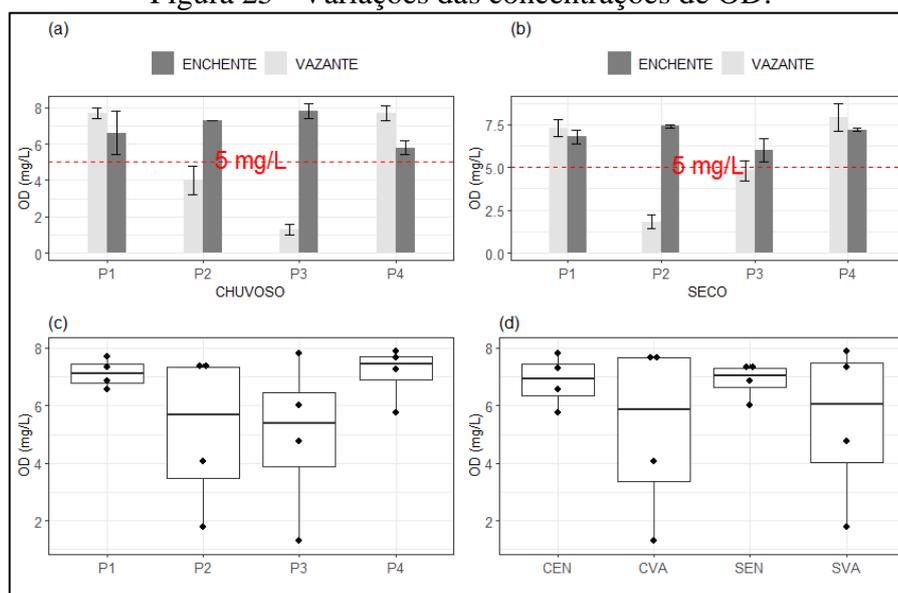
Importante ressaltar que o pH está atrelada a concentrações de prótons que em geral são elevadas no estuário superior pelos aportes de água doce, atividade microbiana e nitrificação. Eles fluem a jusante na maré vazante, onde os prótons são consumidos pela produção primária e desgaseificação de CO_2 e, junto ocorre a diluição do tamponamento de carbonato. Durante a maré de enchente, há um fluxo maior de águas salinas e assim o reconstituição do sistema tampão, com aumento do pH (CARSTENSEN; DUARTE, 2019; OMARJEE *et al.*, 2020; PETTAY *et al.*, 2020).

As concentrações de oxigênio dissolvidos nas águas superficiais entre os períodos de análises variaram entre 1,3 mg/L (c.v.=21,8%, n=2) e 7,9 mg/L (c.v.=10,7%, n=2), e as de oxigênio saturado entre 3,4% (c.v.=16,6%, n=2) e 20,9% (c.v.=9,5%, n=2) (ANEXO E). Os testes inferenciais não mostraram efeito significativos da localização ($F_{3,12} = 1,418$; $p = 0,286$) nem da sazonalidade ($X^2_3 = 0,3$; $p = 0,96$) na média de oxigênio dissolvido.

Mesmo não havendo diferenças significativas, as Figura 26(a) e a Figura 26(b) mostram uma redução desse parâmetro nos pontos P2 e P3 no período de vazante tanto no período seco quanto no chuvoso, a níveis menores que o padrão da CONAMA 357/05, grupos que apresentam uma maior amplitude de dados, conforme mostra Figura 26(c) e a Figura 26(d), o que pode implicar em período críticos.

O oxigênio dissolvido é um parâmetro fundamental para processos biológicos e biogeoquímicos, sofrendo efeito da biota, temperatura, salinidade, pressão atmosférica, agitação da superfície da água entre outros (BREITBURG *et al.*, 2018). Com concentrações de 0 mg/L dadas como condições anóxicas, entre 0 e 2 mg/L condições de hipóxias e entre 2 e 5 mg/L condições de estresse biológico (BRICKER; FERREIRA; SIMAS, 2003).

Figura 25 - Variações das concentrações de OD.



Legenda: Chuvoso-Enchente (CEN), Chuvoso-Vazante (CVA), Seco-Enchente (SEN), Seco-Vazante (SVA).

No P4 devido a maior influência de água doce e a presença, a montante de um vertedouro que provoca turbulência e aeração as concentrações de OD não se alteraram, mantendo-se acima dos limites de 5 mg/L, o que na avaliação de Rocha (2018) os valores próximos a esse ponto se mantiveram nesse limiar. Já no P1 a localização próximo a águas marinhas sugerem que seu fluxo propicia oxigenação das águas superficiais.

Nos pontos P2 e P3 observa-se, Figura 26(a) e 26(b), condições de estresse em maré de vazante pode ser reflexo dos maiores influxos de escoamentos das áreas adjacentes como afluentes, canais de drenagens e de manguezais e canalizações de esgoto doméstico.

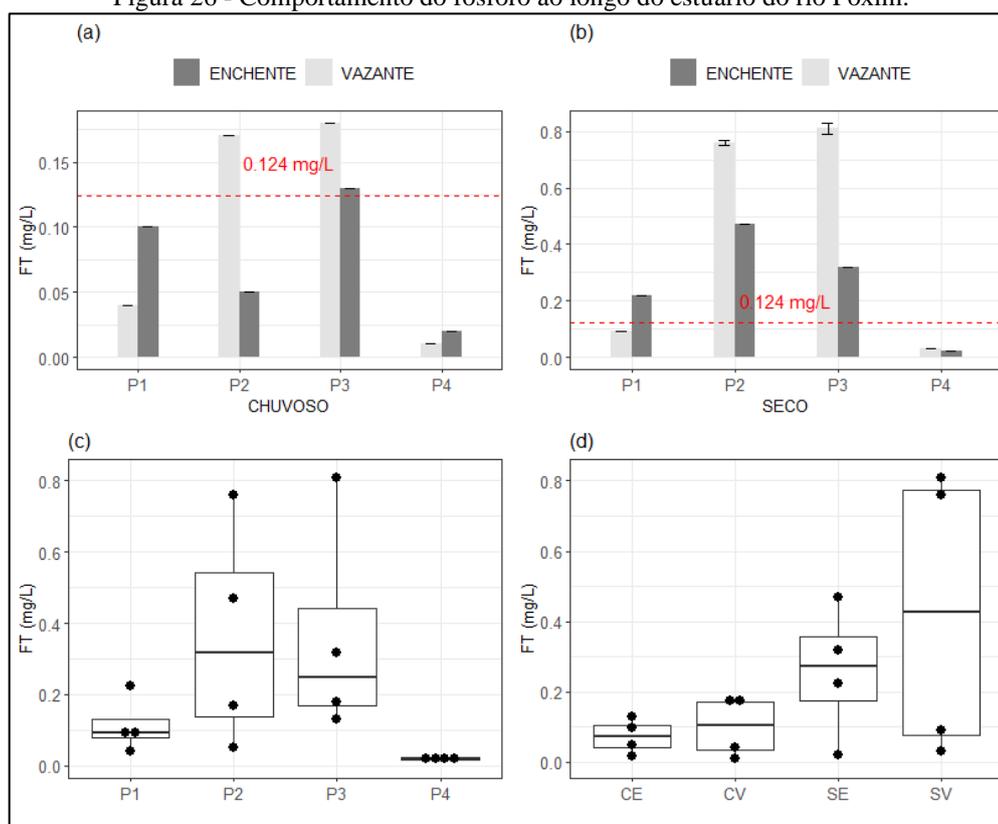
Em geral, essas fontes contribuem com a entrada de esgoto sanitário, que possui um alto teor de matéria orgânica e pela degradação aeróbica provoca desequilíbrio no balaço de OD reduzindo sua concentração (ARAUJO; MELO, 2000; COSTA *et al.*, 2018; MIZERKOWSKI *et al.*, 2012). As contribuições de matéria orgânica podem ser antrópicas e naturais (detritos foliares, resíduo microrgânico) (MONTEIRO; JIMÉNEZ; PEREIRA, 2016; REZENDE *et al.*, 2013). Ademais, os trabalhos de Daltro Filho *et al.* (2014) e Rocha (2018) indicam uma alta atividade aeróbica no estuário ao encontrarem concentrações de Demanda Bioquímica de Oxigênio acima de 20 mg/L.

Dentre os compostos sólidos constituinte do esgoto sanitário têm-se os nutrientes representados como o fósforo. Em análise do fósforo no estuário observou-se que suas concentrações variaram entre 0,01 mg/L (c.v.=0%, n=2) e 0,82 mg/L (c.v.=2,22%, n=2) (ANEXO E). A Figura 27(c) mostra uma alta variabilidade entre os pontos P2 e P3 e a Figura

27(d) na estação seca de maré vazante, estatisticamente, o efeito de localização foi significativo entre P3 e P4 ($p = 0,0227$) e não se encontrou efeito da sazonalidade ($X^2_3 = 7,5$; $p = 0,05756$).

Os pontos centrais foram os pontos que superaram os limites do CONAMA 357/05, conforme mostram a Figura 27(a) e a Figura 27(b), no período chuvoso, durante a vazante e no período seco, tanto na vazante quanto na enchente. Além da diluição, provocada pela precipitação e entrada da água do mar, que explica as diferenças escalares entre o período chuvoso, Figura 27(a), e o seco, Figura 27(b), o fluxo de entradas de variadas fontes, como descrito para o OD, pode ter influenciados as altas concentrações na vazante. No período seco, Figura 27(b) nota-se que em ambas as marés as concentrações de fósforo total estavam acima dos níveis do enquadramento para o estuário. O esgoto sanitário pode ser apontados como a principal fonte de fósforo nesse local, dado que esses pontos localizam-se em pontos de alta urbanização e baixos percentuais de coleta e tratamento de esgoto.

Figura 26 - Comportamento do fósforo ao longo do estuário do rio Poxim.



Legenda: Chuvoso-Enchente (CEN), Chuvoso-Vazante (CVA), Seco-Enchente (SEN), Seco-Vazante (SVA).

Evidências apontam a um aumento no fluxo de nutrientes a essas áreas, especificamente, o aumento de fósforo uma das possíveis causas associa-se ao aumento do

aporte de resíduos enriquecidos com fosfato seja tanto em áreas agrícolas quanto urbanas (JONGE; ELLIOTT; ORIVE, 2002; TAPPIN, 2002).

Pagliosa *et al.* (2005), no sudeste brasileira, apontaram valores relativamente mais altas de fósforo total em estuários urbanizados (6,00 a 13,00 μM) quando comparados a não urbanizados (5,00 a 6,00 μM), resultantes das dinâmicas complexas do ciclo do fósforo que influência da biota e da geoquímica local, com o impacto ocorrendo de fato a partir das concentrações de sua especiação química e conjunta outros nutrientes, matéria orgânica e biomassa.

Essa complexidade propicia uma certa ambiguidade aos estuários que podem ser sumidouros ou fontes de fósforo, condições governadas pela sazonalidade, a dinâmica água-sedimento e as fontes externas. Ao contrário do observado o Poxim, Costa *et al.* (2017), as precipitações no estuário de Goiana, aumentaram o fluxo escoamento superficial de áreas agrícolas e o esgoto sanitário, influenciando nas concentrações de fósforo altas nesse período.

Os manguezais adjacentes também podem alterar o fluxo de nutrientes como as espécies de fósforos. Barcellos *et al.* (2019) encontraram concentrações de FT mais altas em estuário que recebiam aportes de efluentes sanitários (0,8 mg/L) do que controle sem interferências humanas (0,4 mg/L), embora ultrapassassem o limite regulamentado pelo CONAMA 357/05. Wang *et al.* (2021) evidenciam o caráter de fonte e sumidouro de manguezais dado condições de fluxo de maré e sazonais, que se alteram com aporte de esgoto sanitário. Porém, ambos os estudos convergem a um aumento de risco a eutrofização nessas áreas.

No estuário do rio Poxim o enquadramento (SERGIPE, 2019) prevê duas metas de a serem alcançadas diante dois usos preponderantes no local, conforme mostra Quadro 14, em que o POX_4 há pontos de captação de abastecimento de água e ocupação urbana e no POX_5 o Parque Municipal do rio Poxim.

Quadro 14 - Enquadramento estuário do rio Poxim.

SEGMENTO	TIPO DE ÁGUA	CLASSE ATUAL	METAS INTERMEDIÁRIAS		CLASSE DE ENQUADRAMENTO (2033)	PONTOS AMOSTRAIS
			(2023)	(2028)		
POX_4: confluência dos rios Poxim Açú e Poxim Mirim até a confluência com o rio Pitanga	DOCE	4	2	2	2	P1, P2, P3
POX_5: da confluência com o rio Pitanga até o	SALOBRA	3	3	Especial	Especial	P4

exutório						
----------	--	--	--	--	--	--

Fonte: SERGIPE (2019).

A Tabela 08 apresenta os limites para alguns parâmetros das duas classes de enquadramento previstas para o estuário do rio Poxim, há uma diferença nos valores limites para S, pH e FT. A classe especial não possui condições nem padrões definidos na Resolução que no Art. 13 define somente que se deve manter as condições naturais do corpo de água, então dado que a classe 1 é a mais restritiva, utilizou-se os limites implementados na resolução.

Tabela 08 - Limites das condições e padrões CONAMA 357/05.

PARÂMETROS	DOCE CLASSE 2	SALOBRA CLASSE 1
Salinidade (g/kg)	0,5	0,5 – 30
Ph	6 – 9	6,5 – 8,5
OD (mg/L)	> 5	> 5
PT (mg/L)	0,1	0,124

Fonte: CONAMA 357/05.

O Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) em dois agrupamentos distintos dos dados tanto para localização quanto para sazonalidade.

Quadro 15 - Índice de Conformidade ao Enquadramento para o estuário do Poxim.

CLASSES	DOCE CLASSE 2				SALOBRA CLASSE 1				
	F1	F2	F3	ICE	F1	F2	F3	ICE	
LOCALIZAÇÃO									
P1	50	31,25	88,98	38,37	P1	50	12,5	6,42	70,01
P2	75	50	74,23	32,58	P2	75	37,5	43,52	45,45
P3	75	46,875	61,92	37,66	P3	75	46,875	52,04	40,75
P4	0	0	0,00	100,00	P4	25	25	51,24	22,00
SAZONALIDADE									
CE	50	12,5	14,84	69,03	CE	50	25	45,56	58,36
CV	75	37,5	43,59	45,44	CV	75	37,5	38,60	46,70
SV	75	40,625	88,30	29,12	SV	75	34,375	49,11	44,57
SE	50	37,5	80,34	41,23	SE	50	25	18,14	27,07

Legenda: Chuvoso-Enchente (CEN), Chuvoso-Vazante (CVA), Seco-Enchente (SEN), Seco-Vazante (SVA), Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) e suas componentes Abrangência (F1), Frequência (F2) e Amplitude (F3).

Conforme mostra a Quadro 15, o P4 localizado no estuário superior é o único em que apresenta um estado de excelência, dado que os valores amostrais se mantiveram, na maior parte do tempo, na qualidade de água doce e nos limites da classe 2. Nessas condições os demais pontos classificam-se como ruim. Desses pontos, P3 e P2 são enquadrados como água doce, mas foi observado que a salinidade nesses pontos se altera pela mistura de águas doces e marinhas características a essa parte estuarina.

Alterando as condições da avaliação para águas salobras e classe 1, os pontos P1 e P2, respectivamente, assumem as categorias mediana e marginal, o que indicam um afastamento

momentâneo dos níveis dos limites de condições de enquadramento. Elas podem não ser ideais ao P1, pois é um ponto de água doce, mas pode ser repensada uma alteração para P3 e P2 dado que no estuário central as condições da frequência de maré prova mudanças de salinidades.

Quando se analisa os índices por sazonalidade nota-se que o período seco se classifica como ruim em que os valores dos padrões amostrados se afastam das condições desejadas para ambas os limites de classes de enquadramento. A condição de estresse hídrico caracterizada por baixos volumes de precipitações e altas taxas de evaporação desse período afeta o comportamento do sistema hidrodinâmico e ecossistêmico estuarino que apresentando aportes de poluentes orgânicos contínuos resultam em uma redução da qualidade de águas.

5.4 Conclusões

No estuário do rio Poxim, a ocupação antrópica acompanhada de um baixo percentual de coleta e tratamento de esgoto doméstico afetam a qualidade de suas águas. A avaliação indicou que o estuário superior foi o mais afetado no período seco e em maré de vazante, para os parâmetros de oxigênio e fósforo total, sendo necessário estudos por períodos mais longos e que envolvam o conhecimento hidrodinâmico local.

O enquadramento é necessário como um instrumento de planejamento com programas a serem implementados e o Índice de Conformidade ao Enquadramento sendo uma importante ferramenta para avaliar o andamento das ações a serem implementadas dados os limites estabelecidos por metas. Os índices no estudo se mantiveram distante da meta de enquadramento, mas ele também deve ser observado de acordo com as metas intermediárias estabelecidas, que podem sofrer alterações ao longo de processo de implementação dos programas.

Quanto aos programas, no estuário do rio Poxim são previstas ações conjunta com o saneamento básico, o licenciamento ambiental, a educação, além da associação com os instrumentos de outorga que pode vim a regularizar vazões mínimas montante impedindo avanços da maré para o estuário superior e alguns locais do central. Mas seria interessante uma ampliação da rede de monitoramento a corpos hídricos localizados na costa sergipana, além da consonância das ações ao Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro e ações de fiscalizações.

REFERÊNCIAS

- ANA. Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras. p. 326, 2011.
- APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. **Encyclopedia of Forensic Sciences: Second Edition**, p. 522–527, 2017.
- ARAUJO, A.; MELO, M. Um Plano De Amostragem De Qualidade D'Água Em Estuários: Caso Do Recife. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 4, p. 111–120, 2000.
- ARAUJO, A. V.; DIAS, C. O.; BONECKER, S. L. C. Effects of environmental and water quality parameters on the functioning of copepod assemblages in tropical estuaries. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 194, p. 150–161, 2017.
- ARAÚJO, H. M. DE. Elementos componentes do sistema ambiental físico de Aracaju. *In*: ARAÚJO, H. M. DE; VILAR, J. W. C.; WANDERLEY, L. DE L.; MELO E SILVA, R. (Eds.). . **O ambiente urbano: visões geográficas de Aracaju**. São Cristóvão: Departamento de Geografia da UFS, 2006. p. 15–42.
- ARAÚJO, H. M. DE; SOUZA, A. C.; COSTA, J. D. J.; SANTOS, G. J. O Clima de Aracaju na Interface com a Geomorfologia de Encostas. v. 6, p. 1–9, 2010.
- ASP, N. E. *et al.* Sediment dynamics of a tropical tide-dominated estuary: Turbidity maximum, mangroves and the role of the Amazon River sediment load. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 214, p. 10–24, 15 dez. 2018.
- BARBIER, E. B.; HACKER, S. D.; KENNEDY, C.; KOCH, E. W.; ATIER, A. C.; SILLIMAN, B. R. The value of estuarine and coastal ecosystem services. **Ecological Monographs**, v. 81(2), n. 2, p. 169–193, 2011.
- BARCELLOS, D.; QUEIROZ, H. M.; NÓBREGA, G. N.; OLIVEIRA FILHO, R. L. DE; SANTAELLA, S. T.; OTERO, X. L.; FERREIRA, T. O. Phosphorus enriched effluents increase eutrophication risks for mangrove systems in northeastern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 142, n. March, p. 58–63, 2019.
- BARRAGÁN, J. M.; ANDRÉS, M. DE. Analysis and trends of the world's coastal cities and agglomerations. **Ocean and Coastal Management**, v. 114, p. 11–20, 2015.
- BORJA, A.; DAUER, D. M. Assessing the environmental quality status in estuarine and coastal systems: Comparing methodologies and indices. **Ecological Indicators**, v. 8, n. 4, p. 331–337, 2008.
- BOUVY, M.; AARFI, R.; BERNARD, C.; CARRÉ, C.; GOT, P.; PAGANO, M.; TROUSSELIER, M. Estuarine microbial community characteristics as indicators of human-induced changes (Senegal River, West Africa). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 87, n. 4, p. 573–582, 2010.
- BRANDINI, N.; RODRIGUES, A. P. DE C.; ABREU, I. M.; COTOVICZ JUNIOR, L. C.; KNOPPERS, B. A.; MACHADO, W. Nutrient behavior in a highly-eutrophicated tropical estuarine system. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 28, n. 0, 2016.
- BRASIL. LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997/1997
 _____. Resolução n 357, 17 de março de 2005. **Diário Oficial**, n. 053, p. 58–63, 2005.
- BREITBURG, D. *et al.* Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. v. 7240, n. January, 2018.
- BRICKER, S. B.; FERREIRA, J. G.; SIMAS, T. An integrated methodology for assessment

- of estuarine trophic status. **Ecological Modelling**, v. 169, n. 1, p. 39–60, 2003.
- CAMPOS, M. L. A. M. **Introdução à biogeoquímica de ambientes aquáticos**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010.
- CARSTENSEN, J.; DUARTE, C. M. Drivers of pH Variability in Coastal Ecosystems. **Environmental Science and Technology**, v. 53, n. 8, p. 4020–4029, 2019.
- CAVALCANTE, M. S. Transporte De Carbono Orgânico Dissolvido No Estuário Do Rio Jaguaribe Sob Clima Semiárido. p. 83, 2015.
- CCME. Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. **Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life**, p. 1–5, 2017.
- CLOERN, J. E. *et al.* Human activities and climate variability drive fast-paced change across the world's estuarine-coastal ecosystems. **Global Change Biology**, v. 22, n. 2, p. 513–529, 2016.
- COSTA, C. R.; COSTA, M. F. DA; BARLETTA, M.; ALVES, L. H. B. Interannual water quality changes at the head of a tropical estuary. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 189, n. 12, 2017.
- COSTA, C. R.; COSTA, M. F.; DANTAS, D. V.; BARLETTA, M. Interannual and seasonal variations in estuarine water quality. **Frontiers in Marine Science**, v. 5, n. SEP, p. 1–12, 2018.
- COSTA, M. F.; BARLETTA, M. Special challenges in the conservation of fishes and aquatic environments of South America. **Journal of fish biology**, v. 89, n. 1, p. 4–11, 2016.
- DALTRO FILHO, J.; FONSECA, L. DE M.; NOU, G. C. G.; NOBRE, F. S. DE M. Aspectos Gerais Sobre a Qualidade Ambiental E Sanitária De Um Rio Urbano : O Caso Do Trecho Urbano Do Rio Poxim , Situado No Bairro. **V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, p. 1–7, 2014.
- DESO. Levantamento batimétrico e ambiental do rio Poxim. n. 01, 2011.
- DINIZ, M. T. M.; MEDEIROS, S. C. DE; CUNHA, C. DE J. Sistemas Atmosféricos Atuantes E Diversidade Pluviométrica Em Sergipe. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 34, n. 1, p. 17–34, 2014.
- ELLIOTT, M.; QUINTINO, V. The Estuarine Quality Paradox, Environmental Homeostasis and the difficulty of detecting anthropogenic stress in naturally stressed areas. **Marine Pollution Bulletin**, v. 54, n. 6, p. 640–645, 2007.
- EYRE, B.; BALLS, P. Gradient of Tropical and Temperate Estuaries. **Estuaries**, v. 22, n. 2, p. 313–326, 1999.
- FIELD, A.; MILES, J.; FIELD, Z. **DISCOVERING STATISTICS USING R**. [s.l: s.n.].
- IDB. PLANO DE GERENCIAMENTO COSTEIRO DO ESTADO DE SERGIPE. p. 47, 2019.
- IOC/UNESCO, IMO, FAO, U. A Blueprint for Ocean and Coastal Sustainability. An Inter-agency Paper towards the Preparation of the UN Conference on Sustainable Development (Rio20). **Ioc/Unesco**, v. 51, p. 671–688, 2011.
- JONGE, V. N. DE; ELLIOTT, M.; ORIVE, E. Causes, historical development, effects and future challenges of a common environmental problem: Eutrophication. **Hydrobiologia**, v. 475–476, p. 1–19, 2002.

- LU, Y. *et al.* Major threats of pollution and climate change to global coastal ecosystems and enhanced management for sustainability. **Environmental Pollution**, v. 239, p. 670–680, 2018.
- MEA, M. E. A. **Ecosystems and human well-being: synthesis**. Island Press, Washington: [s.n.].
- MIZERKOWSKI, B. D.; MACHADO, E. DA C.; NILVA, B.; NAZARIO, M. G.; BONFIM, K. V. Environmental water quality assessment in Guaratuba bay, state of Paraná, southern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 60, n. 2, p. 109–115, 2012.
- MONTEIRO, M. C.; JIMÉNEZ, J. A.; PEREIRA, L. C. C. Natural and human controls of water quality of an Amazon estuary (Caeté-PA, Brazil). **Ocean and Coastal Management**, v. 124, p. 42–52, 2016.
- NASCIMENTO, M. M.; ARAÚJO, H. M. DE. A urbanização extensiva de Aracaju e a formação de novos aglomerados habitacionais: avaliação a partir da desagregação de dados dos CENSOS-IBGE. **Caderno de Geografia**, v. 28, n. 52, p. 166, 2018.
- NILIN, J.; SANTOS, A. A. O.; NASCIMENTO, M. K. S. Ecotoxicology assay for the evaluation of environmental water quality in a tropical urban estuary. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 91, n. 1, p. 1–10, 2019.
- OMARJEE, A.; TALJAARD, S.; WEERTS, S. P.; ADAMS, J. B. The influence of mouth status on pH variability in small temporarily closed estuaries. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 246, n. October, p. 107043, 2020.
- PADOVANI, C. R. **Delineamento de Experimentos**. [s.l: s.n.].
- PAGLIOSA, A. P. R.; FONSECA, A.; BARBOSA, F. A R.; BRAGA, E. Urbanization impact on Subtropical Estuaries : a Comparative Study of Water Properties in Urban Areas and in Protected Areas content in a trusted digital archive . We use information technology and tools to increase productivity and facilitate new forms P. v. 2004, n. 39, p. 731–735, 2006.
- PAGLIOSA, P. R.; FONSECA, A.; BOSQUILHA, G. E.; BRAGA, E. S.; BARBOSA, F. A. R. Phosphorus dynamics in water and sediments in urbanized and non-urbanized rivers in Southern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 50, n. 9, p. 965–974, 1 set. 2005.
- PAN, C. W.; CHUANG, Y. L.; CHOU, L. S.; CHEN, M. H.; LIN, H. J. Factors governing phytoplankton biomass and production in tropical estuaries of western Taiwan. **Continental Shelf Research**, v. 118, p. 88–99, 2016.
- PEREIRA-FILHO, J.; RÖRIG, L. R.; SCHETTINI, C. A. F.; SOPPA, M. A.; SANTANNA, B. L.; SANTOS, J. E. DOS. Spatial changes in the water quality of itajaí-açu fluvial-estuarine system, Santa Catarina, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 82, n. 4, p. 963–982, 2010.
- PETTAY, D. T.; GONSKI, S. F.; CAI, W. J.; SOMMERFIELD, C. K.; ULLMAN, W. J. The ebb and flow of protons: A novel approach for the assessment of estuarine and coastal acidification. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 236, n. February, p. 106627, 2020.
- REZENDE, R. DE S.; PINTO, M. DE O.; GONÇALVES JR., J. F.; PETRUCIO, M. M. The effects of abiotic variables on detritus decomposition in Brazilian subtropical mangroves. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 25, n. 2, p. 158–168, jun. 2013.
- ROCHA, D. (COORD. . **Avaliação do processo de urbanização da sub-bacia do rio Poxim e sua influência na qualidade da água**. São Cristóvão/SE: PIBIC, 2018.
- SERGIPE. **Enquadramento dos corpos d'água da bacia hidrográfica do rio Sergipe**.

Aracaju: SEMARH, 2019.

SILVA, C. A. R.; SENEZ, T. M.; FONSECA, E. M. DA; RIBEIRO, H. M.; BAPTISTA, N. J. A.; DAMASCENO, R. ACIDIFICAÇÃO DOS OCEANOS EM UM SOPRO: PRÁTICA EDUCACIONAL PARA CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTO DAS MUDANÇAS GLOBAIS. n. 8, p. 49–65, 2017.

SILVA, M. Estuários - Critérios Para Uma Classificação Ambiental. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 1, p. 23–35, 2000.

SOUZA, C. S. **Biodegradação de efluentes sanitários no estuário do Rio Poxim em Aracaju/SE**. São Cristóvão/SE: Universidade Federal de Sergipe, 2009.

SOUZA, M. R. R.; SANTOS, E.; SUZARTE, J. S.; CARMO, L. O.; FRENA, M.; DAMASCENO, F. C.; ALEXANDRE, M. R. Concentration, distribution and source apportionment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in Poxim River sediments, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 127, n. October 2017, p. 478–483, 2018.

SPERLING, M. VON; VERBYLA, M. E.; OLIVEIRA, S. M. A. C. **Assessment of Treatment Plant Performance and Water Quality Data: A Guide for Students, Researchers and Practitioners**. [s.l: s.n.].

TAPPIN, A. D. An examination of the fluxes of nitrogen and phosphorus in temperate and tropical estuaries: Current estimates and uncertainties. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 55, n. 6, p. 885–901, 2002.

VINAGRE, C.; LEAL, I.; MENDONÇA, V.; MADEIRA, D.; NARCISO, L.; DINIZ, M. S.; FLORES, A. A. V. Vulnerability to climate warming and acclimation capacity of tropical and temperate coastal organisms. **Ecological Indicators**, v. 62, p. 317–327, 2016.

WANG, F.; CHENG, P.; CHEN, N.; KUO, Y. M. Tidal driven nutrient exchange between mangroves and estuary reveals a dynamic source-sink pattern. **Chemosphere**, v. 270, p. 128665, 2021.

ZHAO, Q.; BAI, J.; HUANG, L.; GU, B.; LU, Q.; GAO, Z. A review of methodologies and success indicators for coastal wetland restoration. **Ecological Indicators**, v. 60, p. 442–452, 2016.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As condições estuarinas e costeiras são complexas que desafiam os gestores e pesquisadores dessas áreas. Envolvem fatores internos e externos de campos de diversas ciências, pois há uma alta frequência de variabilidade nesses ambientais, temporal e espacial, diante de um cenário de alta densidade populacional e habitacional encontradas nesses locais.

Diante disso, esse estudo apresenta algumas informações das condições que podem contribuir para sua melhor gestão, dada uma gestão de bacias hidrográficas que englobe os sistemas estuarinos, apontando-se também para uma avaliação contínua no objeto de estudo. Os resultados encontrados auxiliam na compreensão de fatores externos e internos e contribuem a gestão integrada bacias hidrográficas e sistemas estuarinos, apontando ferramentas que podem ser utilizadas ao longo desse processo.

O geoprocessamento auxiliou no entendimento da dinâmica de ocupação ao longo dos 28 anos motivada por diferentes fatores como crescimento econômico, pressão imobiliária, incentivos governistas, apontando a necessidade de medidas com intuito a regular, a controlar e a monitorar o ordenamento territorial. A percepção ambiental pode auxiliar aos governantes a direcionar suas ações de forma mais efetivas e satisfatória aos beneficiários e contribuintes, dada os resultados os entrevistados não se sentem satisfeitos com a atuação do poder público, além deles abrirem espaço para discussão sobre transparência e participação.

No que concerne a qualidade das águas do estuário, os resultados apontaram situações críticas em condições de maré vazante, seca e nos pontos de maiores urbanizações, com índices ruins na maioria dos pontos e períodos demonstrando que geralmente os padrões avaliados afastam-se dos níveis desejados. Além disso, sugere-se uma revisão do enquadramento proposto ao estuário com metodologia que se incorporem os aspectos característicos a esses ambientes e a necessidade de monitoramento contínuo e em alta frequência para se o atendimento as metas de classes estabelecidas.

Alinhar as ações e determinações das políticas públicas, não é uma tarefa fácil, visto que a agenda ambiental é uma das pautas a serem atendidas e audaciosa dada as metas até 2030 em resolver problemas ambientais complexos e que demandam urgência. Nessa pesquisa, aponta-se para as regulamentações a serem cumpridas, mas se encontram desagregadas. O Quadro 16 reúne informações no campo jurídico que vem sendo determinada no estado de Sergipe, nota-se uma desagregação em termos de ordenamento, metas, indicadores.

Quadro 16 - Resumo das determinações jurídicas que influenciam no estuário do rio Poxim.

INSTRUÇÃO JURÍDICA	ORDENAMENTO	METAS	CUSTOS	INDICADORES
Lei Complementar Nº 42/2000 (Plano Diretor De Desenvolvimento Urbano De Aracaju)	08 Zonas (Zona de Adensamento Básico 2)	Defasadas a 20 anos – Lei Federal Nº 10.257/2001		
Lei Municipal Nº 4.973/2017 (Plano Municipal de Saneamento Básico)	07 Programas para Abastecimento de Água, 11 Programas para Esgotamento Sanitário, incluindo a construção da ETE Jabotiana numa meta longo prazo, 09 Programas para Resíduo Sólidos, 05 Programas para Drenagem Urbana	Prazo Curto (0-4 anos), Prazo Médio (0-8 anos) e Prazo Longo (0 – 20 anos)	----	----
Lei Estadual Nº 8.634/2019 (Plano e o Sistema Estadual de Gerenciamento Costeiro) – Estudo Proposto	10 Zonas Econômico-Ecológicas Costeiras e 06 Eixos de Programas discriminados em linhas estratégicas (A área do Poxim enquadra-se na: Zona De Proteção Ambiental Permanente, Zona De Proteção Dos Recursos Hídricos E Zonas Úmidas, Zona De Uso Restrito Para A Conservação)	Curto prazo (em até 12 meses); Médio prazo (entre 12 e 36 meses); Longo prazo (mais de 36 meses)	Custo Baixo (até R\$ 50.000); Custo Médio (de R\$ 50.000 a R\$ 150.000); Custo Alto (acima de R\$ 150.000)	95 indicadores
Resolução do Conselho Estadual de Recursos Hídricos Nº 40/2019 (Enquadramento dos corpos d'água da bacia hidrográfica do rio Sergipe)	Classes de usos instituídas pela Resolução CONAMA Nº 357/2005 e Resolução CONAMA Nº 396/2008 (O estuário do rio Poxim tem como meta de enquadramento a classe 2, porção superior, e especial, porção inferior)	Curto prazo (2023), Médio prazo (2028), Longo prazo (2033).	R\$ 78.005.247,60 (Total)	06 indicadores + monitoramento de parâmetros de qualidade da água

A integração da gestão bacia hidrográfica e sistemas estuarinos pode demandar o estudo do campo judicial apontando caminhos de integração dadas as leis e regulamentações. Ademais, os conselhos e comitês que atuam nas duas gestões podem ter atuações conjuntas, avaliar sistemas de monitoramento e de informações conjuntos, bem como pode-se avaliar o instrumento de zoneamento ecológico-econômico na bacia hidrográfica, de forma a controlar os usos e auxiliar na condução de instrumentos como outorga e enquadramento.

No entanto isso demanda estudos que analisem e proponham mecanismos de integração dadas as políticas e regulamentação em vigor; estruturarem modelo tendo bases metodologias de interações como DPSIR ou SWOT; caracterizem padrões de circulação, vazão, misturas, níveis de água, zonas de influência no estuário; analisem de medições de

sensoriamento remoto avaliando alvos como vegetação, água, temperatura; proponham metodologias para o enquadramento dos corpos d'água nos estuários.

Ressalta-se que há muitas dificuldades em se estudar esses ambientes em nível teórico (conceitos e limites) e jurídico (competências e regulamentações), mas as articulações devem ser progressivas, com interações entre os instrumentos de gestão costeira com de bacias hidrográfica; fortalecimento da governança; apoiados em conhecimentos técnicos e científicos; e garantia de sustentabilidade financeira.

APÊNDICE A – Planilha de cálculo para a estimativa do potencial poluidor das contribuições dos canais.

Canais	Bairros	Pop. Atendida pela coleta de esgoto	ERQ/ETE	Dados demográficos				Proj. Arit.	Proj. Geom.	R ²	R ²	Carga por bairro (kg/dia)	Carga Total (kg/dia)	Conc. (mg/l)
				1996	2000	2007	2010	2020	2020	Proj. Arit.	Proj. Geom.			
Canal Grageru	Bairro Jabotiana (Conj. JK e Sol Nascente)	0%	---	4.853	4.857	6.422	8.579	11.556	13.523	0.94	0.94	818,26	960,37	85,50
	Bairro Ponto Novo	90%	Oeste	20.638	19.688	22.044	22.762	25.221	25.563	0.90	0.84	142,11		
	Bairro Luzia	100%	Oeste (90%) e Norte (10%)	18.418	18.298	21.924	20.430	22.136	22.313	0.78	0.96	0,00		
	Bairro Pereira Lobo	100%	Norte (90%) e Oeste (10%)	6.461	6.281	5.443	5.942	5.671	5.684	0.59	0.63	0,00		
Canal do Santa Lúcia	Bairro Jabotiana (Lot. Santa Lucia, Morada das Mangueiras, Jardim dos Coqueiros)	0%	---	4.852	4.857	6.422	8.579	11.556	13.523	0.94	0.94	818,26	818,26	72,85
Canal Petrobras	Bairro América	90%	Norte	17.294	16.591	15.692	15.870	15.293	15.316	0.90	0.91	81,97	81,97	7,30
Canal Santa Maria	Bairro São Conrado	100%	Orlando Dantas	23.622	24.897	27.280	30.675	35.297	36.249	1.00	0.97	0,00	2515,65	223,97
	Bairro Santa Maria	40%	Sul	---	22.788	29.069	30.675	34.958	38.909	1.00	0.99	1337,85		
	Bairro 17 de março	0%	---	---	---	2.396	3.227	5.443	7.139	0.97	1.00	470,15		
	Bairro Aeroporto	30%	Sul	4.205	5.969	9.175	10.571	14.253	16.699	1.00	0.98	707,66		
Canal do Augusto Franco	Bairro Farolândia	70%	Sul	26.574	28.434	35.336	38.257	46.115	48.508	0.99	0.97	833,87	833,87	74,24

Fonte: Elaborado pela autora a partir do Planta de Canais do Município de Aracaju e Plano de Saneamento Municipal de Aracaju (ARACAJU, 2015).

APÊNDICE B – Planilha de cálculo para a estimativa do potencial poluidor das contribuições dos canais.

	Bairros	Corpo receptor	Pop. Atendida	População 2000	População 2010	População 2020	População contribuinte	Carga direta (kg/dia)	Eficiência	Carga Reman. (kg/dia)	Carga Total (kg/dia)	Conc. (mg/l)
ERQ-Oeste	Luzia	Rio Poxim (diretamente)	90%	18.298	20.430	22.810	20.529	1108,59	70,00%	332,58	865,80	77,08
	Inácio Barbosa		70%	7.033	13.887	27.421	19.195	1036,51	70,00%	310,95		
	Ponto Novo		50%	19688	22.762	26.316	13.158	710,53	70,00%	213,16		
	Pereira Lobo		10%	6.281	5.942	5.621	562	30,36	70,00%	9,11		
ETE-Orlando Dantas	São Conrado	Rio Samambaia (deságua no rio Pitanga que lança no Poxim)	100%	24.897	30.675	37.794	37.794	2.040,87	73,00%	551,04	551,04	49,06
ERQ-Sul	Atalaia	Rio Pitanga (deságua no Poxim)	90%	7.374	11.799	18.879	16.991	917,52	53,00%	431,23	3.053,29	271,84
	Farolândia		70%	28.434	38.257	51.474	36.032	1.945,72	53,00%	914,49		
	Coroa do Meio		50%	14.065	18.871	25.319	12.660	683,61	53,00%	321,30		
	Santa Maria		40%	22.788	30.675	41.292	16.517	891,91	53,00%	419,20		
	Aeroporto		30%	5.969	10.571	18.721	5.616	303,28	53,00%	142,54		
	Zona de expansão		50%	9.377	24.672	64.975	32.488	1.754,33	53,00%	824,53		
ETE-Eduardo Gomes(*)	Rosa Else	Riacho da Xoxota	30%	7.481	5.391	4.148	11.672	630,26	70%	189,08	189,08	189,08
	Rosa Maria			4.307	4.402	4.499						
	Eduardo Gomes e Luiz Alves			17.852	17.882	17.906						
	Tujiquinha			1.946	4.690	11.303						
	Cabrita			5.653	5.698	5.743						
	Grande Rosa Elze			37.239	38.063	38.905						

Nota: (*) adotada pela autora, o estudo de MENDONÇA *et al.* (2005) apresenta eficiência de 71% na remoção de sólidos suspensos e de 79% na remoção de matéria orgânica (Demanda Química de Oxigênio - DQO).

Legenda: Agência Nacional de Águas (ANA).

Fonte: Elaborado pela autora a partir do Atlas de Esgoto (BRASIL, 2017) e Plano de Saneamento Municipal de Aracaju (ARACAJU, 2015).

APÊNDICE C – Instrumento da pesquisa.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE BASEADO NAS DIRETRIZES CONTIDAS NAS RESOLUÇÕES CNS Nº466/2012 E Nº510/2016, MS.

Caro participante!

Convido você a participar da pesquisa: **Avaliação das Condições Ambientais e Sanitárias das Localidades à Margem do rio Poxim** desenvolvida pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS), sob a coordenação da aluna Ester Milena dos Santos e orientações dos professores Dr. Gregório Guirado Faccioli e Dr.^a Daniella Rocha.

Sua participação consistirá em, sob sua percepção, **avaliar condições ambientais e sanitárias que ocorrem em seu bairro**, respondendo 28 questões sobre clima, saneamento básico, impactos ambientais e políticas públicas.

Esclarecemos que a sua **participação é imprescindível e voluntária com tempo médio será em torno de 10 – 15 minutos**, mas, **você não é obrigado** a fornecer informações ou colaborar com o questionário. Esta pesquisa **não oferece benefícios diretos** ao participante, mas sob sua perspectiva como morador local nos auxiliará a compreender as condições do bairro, contribuindo para o planejamento e a tomada de decisão na área, além de medidas mais efetivas para conservação dos recursos ambientais locais, principalmente o rio Poxim.

Através deste termo, também peço sua **autorização para que os resultados dessa pesquisa sejam apresentados e publicados** em meio de divulgação científicos ou não, sendo garantido total sigilo sobre sua identidade durante a análise e publicação dos resultados, através do uso de siglas para a sua identificação.

Desde já agradeço a participação, quaisquer informação, você poderá entrar em **contato com a pesquisadora pelo e-mail esthermillena05@gmail.com** , ou com o **comitê de Ética da UFS tel. (79)3194-7208 ou e-mail: cephu@ufs.br**. Caso seja possível, seria importante a assinatura desse termo (link para acesso <https://drive.google.com/file/d/1x8hsUAnEZFmg2NH0IIypY2SI1zlQEJ3p/view?usp=sharinz>), o envio a pesquisadora pelo e-mail acima e, pós a assinatura da pesquisadora, a guarda dele como comprovante.

Concorda em contribuir com a pesquisa?

() CONCORDO em responder a pesquisa e autorizo o uso das informações conforme mencionado.

() Não concordo em participar, apenas feche essa página no seu navegador.

ASPECTOS GERAIS

0. Qual seu gênero?

- () Feminino () Masculino
() Prefiro não informar () Outro _____

1. Em qual desses imóveis você reside?

- () Casa própria ou alugada () Condomínio de casas

Condomínio de prédios Outros _____

2. Qual sua faixa etária?

De 18 a 24 anos De 25 a 35 anos

De 36 a 50 anos Mais de 51 anos

3. Considerando você e todas as pessoas com quem você mora, qual a renda total?

Até 3 salários mínimos Mais de 3 até 10 salários mínimos

Mais de 10 até 20 salários mínimos Mais de 20 até 30 salários mínimos

Mais de 30 salários mínimos

4. Qual o seu grau de escolaridade?

Não frequentou a escola Educação infantil

Ensino fundamental I Ensino fundamental II

Ensino Médio (Antigo 2º Grau) Ensino Superior

Pós-graduação/ Mestrado/ Doutorado

5. Você utiliza o rio Poxim para alguma atividade? (Escolha até 12 opções)

Nenhuma

Pesca

Navegação

Recreação

Turismo

Esportiva

Práticas culturais ou religiosas

Lavagem de roupa

Beber e alimentação

Rega de jardins, lavagem de
automóveis, limpeza de casa

Higiene corporal

Descarga do banheiro

Outros _____

CLIMATOLÓGICOS

6. Ao longo dos anos, você tem a sensação de aumento de temperatura no bairro, por exemplo, sente-se incomodado com o calor?

Sim Não Não sei

7. Ao longo dos anos, você tem observado a recorrência de chuvas fortes no bairro?

Sim Não Não sei

SANEAMENTO BÁSICO

8. Você observa pontos de lançamento de esgoto diretamente no rio Poxim?

Sim Não Não sei

9. Para onde vai o esgoto de sua residência? (Escolha até 03 opções)

Fossa Rede pública

Rio, córrego ou riacho Não sei

Sistema individual de tratamento Outros _____

10. Como é a coleta e a destinação do lixo de sua residência? (Escolha até 07 opções)

Não ocorre

Serviço público, mas de 2 vezes por semana

- Serviço público, até 2 vezes na semana
- Faço compostagem com uma parte do lixo
- Prático a coleta seletiva utilizando iniciativas públicas ou privadas
- Reciclo ou reutilizo uma parte do lixo
- Queimo o lixo
- Outros _____

11. Você observa, no seu bairro, a presença de pontos de descarte irregular de lixo?

- Sim
- Não
- Não sei

12. Caso você tenha passado por algum evento de alagamento ou inundação, qual(is) prejuízo(s) foram causados? (Escolha até 08 opções)

- Não passei por nenhum desses eventos
- Já passei e não fui afetado
- Já passei e tive perdas ou danos materiais
- Já passei e perdi ou me atrasei em compromissos
- Já passei e afetaram minha saúde física e emocional (crises de ansiedade, ferimentos entre outros)
- Outros _____

13. Qual a fonte do abastecimento de água em sua residência? (Escolha até 03)

- Captação direta no rio
- Rede pública
- Poço
- Não sei

14. Como classifica a qualidade da água de abastecimento que chega em sua residência?

- Ótima Boa
 Regular Ruim
 Péssima Não sei

15. Já teve alguma doença de veiculação hídrica? Qual? (Escolha até 11 opções)

- Não Diarreia ou Disenteria
 Amebíase Cólera
 Hepatite A Esquistossomose (barriga d'água)
 Ascariíase Dengue
 Chikungunya Rotavírus
 Toxoplasmose (Doença de gato) Outros _____

16. Como classifica os serviços de saúde (estrutura físicas, visitas de agentes de saúde, ofertas de medicamentos) para prevenção e tratamento dessas doenças no seu bairro?

- Ótimo Bom
 Regular Ruim
 Péssimo Não sei

IMPACTOS AMBIENTAIS

17. Para você, as áreas verdes presentes à margem do rio Poxim são adequadas e preservadas?

- Sim Não Não sei

18. Quanto aos prejuízos às margens do rio Poxim como desmatamento, impermeabilização entre outros, qual grau você daria a esses impactos ocasionados pelas construções (casas, condomínios, comércios) no seu bairro?

- Alto Médio
 Baixo Sem prejuízos
 Não sei

19. Quanto aos prejuízos às águas do rio Poxim como poluição por esgoto, qual grau você daria a esses impactos ocasionados pelas construções (casas, condomínios, comércios) no seu bairro?

- Alto Médio
 Baixo Sem prejuízos
 Não sei

20. Quanto à ocorrência de alagamento, qual grau você daria aos transtornos gerados no seu bairro?

- Alto Médio
 Baixo Sem prejuízos
 Não sei

POLÍTICAS PÚBLICAS AMBIENTAIS

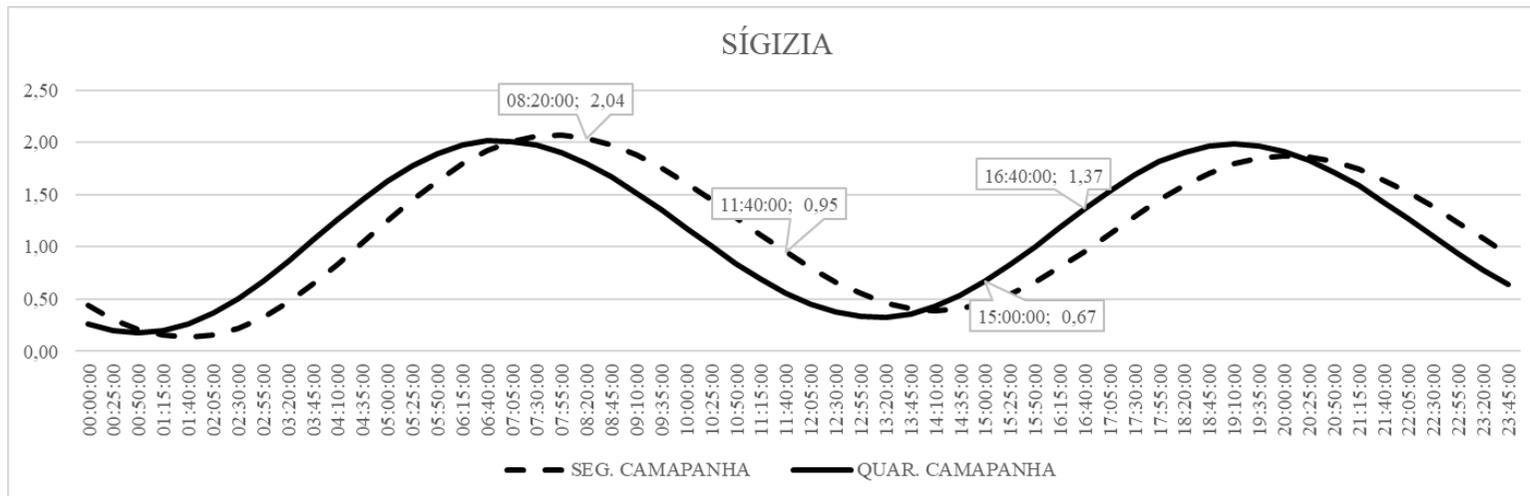
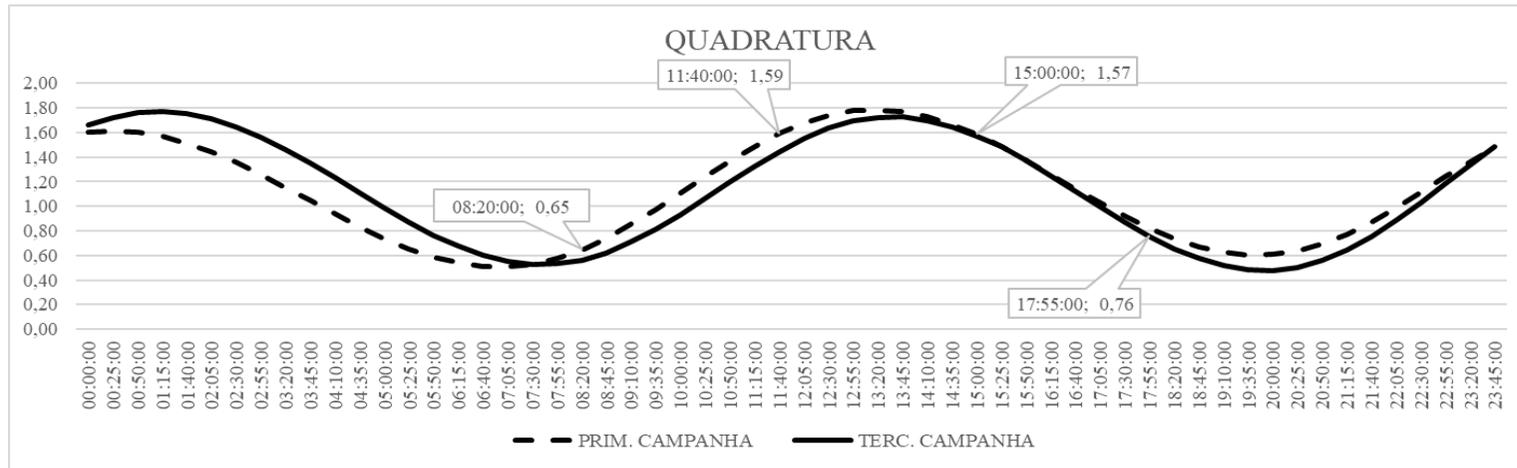
21. No geral, como você classifica os serviços de saneamento básico (água, esgoto, coleta de lixo, drenagem) em seu bairro?
- Ótimo Bom
 Regular Ruim
 Péssimo Não sei
22. Como você avalia a qualidade das águas do rio Poxim em seu bairro?
- Ótimo Bom
 Regular Ruim
 Péssimo Não sei
23. Você já participou de alguma mobilização, associação, conselho, comitê, audiências ou outros espaços participativos voltados a discussões sobre meio ambiente e saneamento?
- Sim Não
24. Como você qualifica o processo de representatividade e de participação popular quanto a decisões que envolvem saneamento e o meio ambiente (água, solo, fauna, flora) no seu bairro?
- Sinto-me representado e ouvido
 Não me sinto representado nem ouvido
 Não sei
25. Como você avalia a divulgação e o acesso de informações sobre saneamento e meio ambiente (água, solo, fauna, flora) no seu bairro?
- Fácil acesso e ampla divulgação
 Difícil acesso e pouca divulgação
 Não ocorre a divulgação dessas informações
26. Como classifica a atuação do poder público na questão de saneamento básico e proteção ambiental no seu bairro?
- Ótimo Bom
 Regular Ruim
 Péssimo Não sei
27. Quem você acha que deve atuar nas questões de saneamento básico (água, esgoto, coleta de lixo, drenagem) e de meio ambiente (água, solo, fauna, flora) no seu bairro? (Escolha até 7 opções)
- Poder Público
 Iniciativa privada
 Sociedade civil organizada
 Você enquanto cidadão
 Instituições de ensino
 Parceria pública-privada
 Outros _____
28. Para você, qual(is) medida(s) deveriam ser adotadas para solucionar problemas ambientais e de saneamento básico no seu bairro? (Escolha até 10 opções)
- Educação ambiental
 Investimento e execução em obras de esgoto, abastecimento de água, drenagem
 Ações concretas para a implementação de leis e planos dos gestão ambiental

- Transparência e divulgação de informações
- Campanhas de sensibilização da população
- Iniciativas públicas e privadas
- Existência de maior fiscalização
- Maior envolvimento popular
- Outros _____

OBRIGADA PELA PARTICIPAÇÃO.

E compartilhe com 2 ou mais conhecidos do seu bairro.

APÊNDICE D – Organização de coletas.



APÊNDICE E – Pressupostos de normalidade e de homoscedasticidade.

Teste de Shapiro-Wilk

H_0 = Os dados por grupo têm distribuição normal; p-valor > 0,05.

H_1 = Os dados por grupo não têm distribuição normal; p-valor ≤ 0,05.

PARÂMETRO	FATOR: PONTOS							
	P1		P2		P3		P4	
	W	P	W	p	W	p	W	P
Salinidade	0,892	>0,05	0,919	>0,05	0,857	>0,05	0,967	>0,05
CE	0,885	>0,05	0,923	>0,05	0,865	>0,05	0,968	>0,05
pH	0,998	>0,05	0,977	>0,05	0,732	≤0,05	0,936	>0,05
Temp	0,881	>0,05	0,906	>0,05	0,967	>0,05	0,916	>0,05
OD	0,970	>0,05	0,876	>0,05	0,968	>0,05	0,857	>0,05
ODs	0,892	>0,05	0,914	>0,05	0,836	>0,05	0,772	>0,05
PT	0,879	>0,05	0,949	>0,05	0,831	>0,05	0,968	>0,05
PARÂMETRO	FATOR: SAZ/MAR							
	CE		CE		CE		CE	
	W	P	W	p	W	p	W	P
Salinidade	0,672	≤0,05	0,846	>0,05	0,843	>0,05	0,837	>0,05
CE	0,676	≤0,05	0,880	>0,05	0,864	>0,05	0,863	>0,05
pH	0,983	>0,05	0,953	>0,05	0,954	>0,05	0,685	≤0,05
Temp	0,968	>0,05	0,963	>0,05	0,864	>0,05	0,844	>0,05
OD	0,978	>0,05	0,868	>0,05	0,914	>0,05	0,913	>0,05
ODs	0,814	>0,05	0,864	>0,05	0,936	>0,05	0,875	>0,05
PT	0,973	>0,05	0,847	>0,05	0,992	>0,05	0,792	>0,05

Nota: destacado em vermelho estão os grupos que assumem a hipótese alternativa (H_1).

Legenda: Condutividade Elétrica (CE), pH (Potencial Hidrogeniônico), Temperatura (Temp), Oxigênio Dissolvido (OD), Oxigênio Saturado (ODs), Fósforo Total (FT), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).

Teste de Levene

H_0 = As variâncias dos grupos são homogêneas; p-valor > 0,05.

H_1 = As variâncias dos grupos não são homogêneas; p-valor ≤ 0,05.

PARÂMETRO	FATOR: PONTOS	
	$F_{(3,12)}$	P
Salinidade	12,114	≤0,05
CE	13,825	≤0,05
pH	1,1503	> 0,05
Temp	5,8454	≤0,05
OD	3,4899	> 0,05
ODs	3,0029	> 0,05
FT	5,1131	≤0,05
PARÂMETRO	FATOR: SAZ/MAR	
	$F_{(3,12)}$	P
Salinidade	4,3086	≤0,05
CE	3,8981	≤0,05
pH	2,1318	> 0,05
Temp	5,0613	≤0,05
OD	5,5587	≤0,05
ODs	4,2033	≤0,05
FT	27,313	≤0,05

Nota: destacado em vermelho estão os grupos que assumem a hipótese alternativa (H_1).

Legenda: Condutividade Elétrica (CE), pH (Potencial Hidrogeniônico), Temperatura (Temp), Oxigênio Dissolvido (OD), Oxigênio Saturado (ODs), Fósforo Total (FT).

APÊNDICE F – Parâmetros analisados.

DATAS DA COLETA	PONTOS	ODs (%)	OD (mg/L)	pH	C.E. (mS/cm)	Temp (°C)	FT (mg/L)	S (g/Kg)
CHUVOSO ENCHENTE	P1.1	17.6±18.1	6.6±18.4	7.2±1.3	3.61±0.78	27.1±0.8	0.1±0	1.74±0.8
	P2.1	19±0.4	7.3±0	7±0.1	0.38±0	26.2±0	0.05±2.38	0.17±0
	P3.1	18.2±21	7.8±5.4	7.1±0.5	0.17±0	25.6±1.4	0.13±0	0.08±0
	P4.1	12.9±35.8	5.8±6.1	6.9±0.2	0.16±0	27.8±2.5	0.02±0	0.07±0
CHUVOSO VAZANTE	P1.2	20.4±4.2	7.7±3.7	7.7±0.5	5.9±0.96	27.2±1.3	0.04±6.45	3.56±1.1
	P2.2	11.2±16.4	4±19.2	7.3±1.2	2.71±0.52	27.2±1	0.17±0	1.29±0.5
	P3.2	3.4±16.6	1.3±21.8	7.2±0.6	0.44±0	26.8±0	0.18±0.38	0.2±0
	P4.2	20.4±4.9	7.7±4.6	6.9±0.2	0.19±0	27.5±0.8	0.01±0	0.09±0
SECO VAZANTE	P1.3	20.2±7.3	7.3±6.7	8.4±0.3	63.45±1.45	29±0.5	0.09±2.58	38.64±1.6
	P2.3	5.0±21.4	1.8±23.6	7.2±1.1	18.91±1.76	29.2±1.5	0.76±1.86	10.21±1.9
	P3.3	14.1±26.1	4.8±13.4	7.1±1	10.16±1.18	28.9±2	0.81±2.22	5.22±1.3
	P4.3	20.9±9.5	7.9±10.7	7.1±0.6	0.3±0	28±0.8	0.03±0	0.14±0
SECO ENCHENTE	P1.4	19±4.5	6.8±5.2	8±0.9	38.3±0.74	30.4±1.2	0.22±0.52	22.05±0.8
	P2.4	20.4±0.7	7.4±0.9	7.6±2.8	12.45±0.57	28.9±1	0.47±0	6.5±0.6
	P3.4	16.9±10.5	6±11.8	7.8±1	4.28±0.17	30.5±0.7	0.32±2.24	2.08±0.2
	P4.4	19.4±0.7	7.2±1	7.2±2.1	0.24±2.89	27.6±0	0.02±0	0.11±2.8

Notação: $\bar{x} \pm c.v.$, em que \bar{x} é a média amostral das duplicatas e c.v. o coeficiente de variação.