



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM EM CIÊNCIA DA
TERRA E DO AMBIENTE – PPGM

Comportamento Geoquímico de Metais em Sedimento das Lagoas Urbanas de
Feira de Santana – Bahia

LAYANNE OLIVEIRA SILVA SANTOS

FEIRA DE SANTANA-BA
NOVEMBRO 2021

LAYANNE OLIVEIRA SILVA SANTOS

Comportamento Geoquímico de Metais em Sedimento das Lagoas Urbanas de
Feira de Santana – Bahia

Atividade apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente - PPGM,
Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS -
Defesa de mestrado

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Taíse Bomfim de Jesus
Coorientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Veiga de Carvalho

FEIRA DE SANTANA-BA

NOVEMBRO 2021

Layanne Oliveira Silva Santos

**“COMPORTAMENTO GEOQUÍMICO DE METAIS EM SEDIMENTO DAS LAGOAS
URBANAS DE FEIRA DE SANTANA – BAHIA”.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente da Universidade Estadual de Feira de Santana.

Orientador(a): Prof.^a Dr.^a Taíse Bomfim de Jesus (UEFS).

Co-Orientador: Prof. Carlos Eduardo Veiga de Carvalho (UENF)

Linha de Pesquisa: Estudos Ambientais e Geotecnologias.

Data de aprovação: 13 de Outubro de 2021

BANCA EXAMINADORA:



Prof.^a Dr.^a Taíse Bomfim de Jesus (Orientador(a))
Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)



Prof. Dr. Carlos Eduardo Veiga de Carvalho (Co-orientador)
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF)



Prof. Dr. Marcos Sarmet Moreira de Barros Salomão
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF)



Prof. Dr. Willian Moura de Aguiar
Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)

Ficha catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteado - UEFS

Santos, Layanne Oliveira Silva

S236c Comportamento geoquímico de metais em sedimento das lagoas urbanas de Feira de Santana - Bahia/ Layanne Oliveira Silva Santos. – 2021.

86f. : il.

Orientadora: Taíse Bomfim de Jesus

Coorientador: Carlos Eduardo Veiga de Carvalho

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Feira de Santana. Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, 2021.

1. Testemunho de sedimentos (geologia). 2. Metais pesados. 3. Lagoas urbanas. I. Jesus, Taíse Bomfim de, orient. II. Carvalho, Carlos Eduardo Veiga de, coorient. III. Universidade Estadual de Feira de Santana. IV. Título.

CDU: 551:504(814.22)

Rejane Maria Rosa Ribeiro – Bibliotecária CRB-5/695

AGRADECIMENTOS

Conseguir chegar ao fim desse processo é uma satisfação tão imensa que precisa ser agradecida grandemente.

Primeiramente a Deus, por estar ao meu lado em todos os momentos.

As minhas filhas, que foram um poço de compreensão e apoio.

Ao meu marido, que me ajudou em tudo que estava ao seu alcance.

A minha mãe, que além de me dá força, cuidou das minhas pequenas sempre que precisei.

A minha família, por todo o incentivo e por sempre acreditar em mim.

A grande parceira e amiga de todas as horas do mestrado Priscila, sem ela, sem nossas conversas, as coisas não se tornariam tão leves.

Ao grande amigo José Neto, que conheci durante o mestrado, mas que me estendeu a mão me ajudando em toda parte de produção de mapas.

A técnica do laboratório Rose Paiva, que me ajudou em toda parte analítica.

Ao meu coorientador, o professor Carlos Veiga, por estar sempre disponível.

E imensamente a minha orientadora Taíse Bomfim, por toda sua paciência e dedicação ao meu trabalho, sem ela nada teria acontecido.

A todos os professores do curso e todas as pessoas que me acompanharam durante toda a trajetória, meu muito obrigada, de todo coração.

E a instituição FABESB, por ter me concedido uma bolsa para minha pesquisa.

“Existe uma coisa ainda mais bonita do que acreditar em um mundo melhor:
ajudar a fazer!”

Autor desconhecido

RESUMO

Estudar os corpos aquáticos é fundamental para entender as relações socioambientais, pois as ações antrópicas e o ambiente natural estabelecem uma relação mútua de influência. Em meio aos diversos recursos hídricos, as lagoas urbanas merecem destaque, por estarem sendo modificadas constantemente, em decorrência do crescimento populacional. E dentre os diversos elementos que compõe um corpo aquático, os sedimentos são importantes para avaliação da qualidade desses ambientes, uma vez que possuem alta capacidade de adsorver contaminantes. Nesse sentido, esse estudo teve como objetivo avaliar a concentração e o comportamento dos metais (Fe, Ni, Cd, Zn, Cr, Cu, Mn, Pb), em sedimentos, ao longo do tempo, nas principais lagoas de Feira de Santana, e assim oferecer dados que expliquem as contribuições superficiais. Para alcançar a proposta desse trabalho, foram coletados cinco testemunhos de sedimentos, sendo 3 na Lagoa Salgada e 2 na Lagoa Subaé. Os resultados geoquímicos obtidos nos corpos aquáticos demonstraram que eles apresentam indícios de contaminação por chumbo nas duas lagoas e por cromo na lagoa subaé. Os sedimentos apresentam frações granulométricas que variam da categoria areia siltica a silte arenosa. A correlação foi significativa apenas entre Fe e Mn, bem como, Ni e as frações granulométricas. Enquanto que a análise de cluster demonstrou que os testemunhos 1 - 2 e os 3 - 4 apresentavam semelhanças, sendo o 5 diferente dos demais. O resultado do IGEO não representou contaminação nos dois ambientes. As análises permitiram concluir portanto, que os resultados analisados não representam grau de contaminação nas lagoas, sendo sugerido portanto, um olhar cuidadoso para evitar futuros problemas nesses ambientes.

Palavras-chave: testemunho de sedimentos, metais pesados, lagoas urbanas.

ABSTRACT

Studying aquatic bodies is fundamental to understanding socio-environmental relationships, as anthropic actions and the natural environment establish a mutual relationship of influence. Amidst the diverse water resources, urban lakes are noteworthy, as they are constantly being modified as a result of population growth. And among the various elements that make up an aquatic body, sediments are important for evaluating the quality of these environments, as they have a high capacity to adsorb contaminants. In this sense, this study aimed to evaluate the concentration and behavior of metals (Fe, Ni, Cd, Zn, Cr, Cu, Mn, Pb) in sediments over time in the main lagoons of Feira de Santana, and thus provide data that explain the superficial contributions. To achieve the purpose of this work, five sediment cores were collected, 3 in Lagoa Salgada and 2 in Lagoa Subaé. The geochemical results obtained in the aquatic bodies showed that they present evidence of contamination by lead in the two lakes and by chromium in the subaé lake. The sediments present granulometric fractions that vary from the silty sand category to sandy silt. The correlation was significant only between Fe and Mn, as well as Ni and the particle size fractions. While the cluster analysis showed that testimonies 1 - 2 and 3 - 4 had similarities, being 5 different from the others. The IGEO result did not represent contamination in both environments. Therefore, the analyzes allowed us to conclude that the analyzed results do not represent the degree of contamination in the lakes, therefore, a careful look is suggested to avoid future problems in these environments.

Keywords: testimony of sediments, heavy metals, urban ponds.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Metodologia utilizada para desenvolvimento do trabalho	30
Figura 2: Mapa de localização da cidade de Feira de Santana, BA, e as lagoas salgada e subaé	31
Figura 3: Interferências na Lagoa Subaé, Feira de Santana-BA	33
Figura 4 - Interferências na Lagoa Salgada, Feira de Santana-BA	33
Figura 5: Uso e ocupação da lagoa Subaé, Feira de Santana-BA, nos anos de 2002 e 2019	35
Figura 6: Uso e ocupação da lagoa Salgada de Feira de Santana nos anos de 2008 e 2019	36
Figura 7: Modelagem ilustrativa dos mapas que representam as características das lagoas Subaé e Salgada de Feira de Santana	37
Figura 8: Modelagem ilustrativa da organização de coleta e tratamento das amostras de sedimento, das lagoas Subaé e Salgada, Feira de Santana – BA	38
Figura 9: Locais da coleta na Lagoa Salgada. Feira de Santana-BA	39
Figura 10 – Locais da coleta na Lagoa Subaé. Feira de Santana-BA	40
Figura 11: Coleta de sedimentos utilizando trado	41
Figura 12: Diagrama de Shepard gerado a partir das análises granulométricas dos sedimentos das Lagoas Salgada e Subaé	47
Figura 13: Concentração de Fe (mg/kg) nos testemunhos	55
Figura 14: Concentração de Mn (mg/kg) nos testemunhos	57
Figura 15: Concentração de Mg (mg/kg) nos testemunhos	59
Figura 16: Concentração de Zn (mg/kg) nos testemunhos	61
Figura 17: Concentração de Ni (mg/kg) nos testemunhos	63
Figura 18: Concentração de Pb (mg/kg) nos testemunhos	65
Figura 19: Concentração de Cr (mg/kg) nos testemunhos	67
Figura 20 – Concentrações totais de cada metal nos cinco testemunhos de coletas e análise de cluster	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: características granulométricas dos sedimentos das Lagoas Salgada e Subaé, Feira de Santana-Ba, Brasil.	46
Tabela 2: Concentrações dos metais (em mg/kg), em diferentes profundidades, de sedimentos da Lagoa Salgada, Feira de Santana-Ba, Brasil	49
Tabela 3: Concentrações dos metais (em mg/kg), em diferentes profundidades, de sedimentos da Lagoa Subaé, Feira de Santana-Ba, Brasil	50
Tabela 4: Correlação de Pearson entre as concentrações dos metais na camada mais superficial (20cm), bem como suas relações com os resultados da granulometria	70
Tabela 5: Correlação de Pearson entre as concentrações dos metais na camada mais profunda (120cm), bem como suas relações com os resultados da granulometria	71
Tabela 6 – Índice de Geoacumulação (Igeo) de metais pesados (modif. Müller & Wedepohl 1979)	75
Tabela 7: Índices de geoacumulação para elementos selecionados (por local) em sedimentos da Lagoa Salgada e Subaé	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Estudos que avaliaram a concentração de metais em sedimentos	22
Quadro 2: amostragem de cada profundidade	41
Quadro 3: Recuperação do material de referência certificado STSD-3.	42
Quadro 4: Linhas utilizadas para leituras em espectrômetro de absorção atômica por chama	43
Quadro 5: Limite de quantificação de cada elemento estudado (mg/l) no espectrômetro de absorção atômica por chama	43

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	15
2.1 GERAL	15
2.2 ESPECÍFICOS	15
3 BASE CONCEITUAL	16
3.1 SISTEMA LÊNICO	16
3.2 CONTAMINAÇÃO DOS SEDIMENTOS POR METAIS PESADOS	19
4 METODOLOGIA	30
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	30
4.2 LEVANTAMENTO CARTOGRÁFICO	37
4.3 COLETA DE AMOSTRAS	38
4.3.1 PRÉ-TRATAMENTO DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO PARA EXTRAÇÃO DE METAIS	42
4.3.2 EXTRAÇÃO PARCIAL DE ELEMENTOS QUÍMICOS	42
4.4 DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DOS METAIS EXTRAÍDOS	43
4.5 DETERMINAÇÃO DA GRANULOMETRIA	43
4.6 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE GEOACUMULAÇÃO - IGEO	44
4.7 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS	44
4.7.1 CORRELAÇÃO DE PEARSON	45
4.6.2 ANÁLISE DE CLUSTER	45
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
5.1 ANÁLISE DA GRANULOMETRIA	46
5.2 ANÁLISE DOS METAIS NOS SEDIMENTOS	49
5.3 COMPORTAMENTO GEOQUÍMICO DOS METAIS NO DECORRER DAS PROFUNDIDADES DOS TESTEMUNHOS	54
5.4 CORRELAÇÃO DE PEARSON	69

	12
5.5 ANÁLISE DE CLUSTER	15
5.6 ÍNDICE DE GEOACUMULAÇÃO (IGEO)	76
6 CONCLUSÃO	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80

1 INTRODUÇÃO

A dinâmica ambiental se estrutura de forma transformadora e permite ao homem refletir sua postura em relação ao mundo. De uma maneira geral, aproxima o cidadão das situações que o circunda, pois demonstra a necessidade de conscientização acerca do meio ambiente natural (ROSS, 2008). Porém, ainda existe uma grande parcela da população que utiliza os espaços naturais de forma degradante (ZHANG et al., 2020).

Dentre as diversas formas de modificações do ambiente natural, o processo de urbanização e industrialização, são expressivos, pois, resultam em uma alteração significativa na paisagem, como também são responsáveis por diversos danos ambientais, em destaque, a poluição atmosférica, do solo, das águas, entre outros (GUERRA, 2006).

Esse fato pode ser melhor evidenciado quando se estuda os recursos hídricos, pois esses tem sido no decorrer da história da humanidade, transformados para satisfazer os desejos do homem (SIQUEIRA e APRILE, 2013).

Essas transformações, geram contaminações provindas de diversas fontes, dentre as quais se destacam os efluentes domésticos, industriais, bem como a carga difusa urbana e agrícola, que comprometem o uso desses recursos para os seus diversos fins (VASCO et al., 2011).

Portanto, o uso indiscriminado do solo e dos corpos hídricos, apontam para a importância do estudo da quantificação, no tempo e no espaço, dos impactos causados nesses ambientes (MONTEIRO, 2015). Pois, valorizar um corpo aquático é fundamental para manutenção da biodiversidade, preservação de mananciais aos quais estão vinculados, bem como na manutenção do lençol freático (ROCHA, 2013).

Percebe-se assim, que os processos socioambientais estão intimamente interligados, exercendo, portanto, influência mútua, onde os fatores físico-naturais exercem uma interferência no processo de construção social e, por conseguinte, o homem na tentativa de satisfazer suas necessidades transforma o ambiente natural (SANTOS, 2002).

A dinâmica alteração na paisagem dos corpos aquáticos, têm sido foco de muitos estudos, em todos os âmbitos geográficos – do global ao local, pois

estes estão sofrendo uma grave redução na sua qualidade e quantidade.

Ogbuagu e Samuel (2014) estudaram o rio Otamiri que atende à cidade de Owerri, no sudeste da Nigéria, fornecendo fonte doméstica de água, pesca e mineração artesanal de areia pelos habitantes. E destacaram que nos últimos tempos, as demandas do aumento da população e da urbanização associada têm colocado séria pressão sobre os recursos de sedimentos do rio como a areia, usada principalmente para edifícios e outras construções de infraestrutura na cidade.

Zilli e Gagneten (2005) estudaram a bacia do Arroyo Cululú na Argentina e detectaram que a comunidade bentônica é um bom indicador do grau de contaminação por metais pesados, salientando a importância de abordar medidas de controle do lançamento de efluentes poluentes e a implementação de ações de remediação visando a recuperação do sistema.

Aslam et al., (2021) estudaram cinco lagoas da cidade de Gaya na Índia e identificaram que as mesmas apresentam traços de contaminação por metais, devido ao maciço processo de urbanização e crescimento populacional, deixando a água imprópria para o consumo humano.

Soares et al., (2004) realizaram um estudo geoquímico dos sedimentos de fundo do Arroio do Salso, localizado em Porto Alegre (RS), e identificaram que a composição química reflete a mineralogia dos sedimentos. O estudo estabeleceu portanto, faixas de concentração e relações de referência para vários elementos químicos presentes nos sedimentos, servindo de subsídio para futuras investigações geoquímicas e ambientais na região.

Silva et al., (2017) também fizeram estudo em corpo aquático, destacando a Lagoa Urbana Olho d'Água em Pernambuco, a pesquisa demonstrou que o uso desse ecossistema pela população deixou esse ambiente vulnerável a diversos tipos de poluição.

Neto et al., (2011) estudaram a situação ambiental das lagoas do município de Feira de Santana utilizando técnica de geoprocessamento e foi possível concluir que muitas lagoas deixaram de existir, e outras foram soterradas devido o processo intenso de urbanização que ocorre na cidade.

Assim como os autores supracitados, diversos outros demonstram em suas pesquisas a intensa preocupação com a degradação dos corpos aquáticos, devido ao crescimento desordenado das áreas urbanas, e

consequentemente alterações nas suas estruturas organizacionais. (CARDOSO, 2000; CAMPANHA et al., 2010; ZANINI, 2010; CUNHA, 2012; FLECK, 2012; LOUREIRO et al., 2012; SIQUEIRA, et al., 2012; TRINDADE, 2012; NASCIMENTO, 2013; VOWOTOR, 2014; PEREIRA, 2006; OLIVEIRA, 2018).

Portanto, fica evidente a partir dos estudos analisados, a necessidade de pesquisar a dinâmica estrutura dos recursos hídricos e suas possíveis modificações, uma vez que, os resultados obtidos, podem servir para despertar um olhar mais cuidadoso com o local abordado.

Em vista disso, essa pesquisa pretende avaliar a composição química de testemunho sedimentar dos corpos aquáticos, com ênfase, para as lagoas urbanas, uma vez que sua degradação, limita as condições de vida da população e do ecossistema.

Essa pesquisa destaca a análise dos sedimentos, pois podem ser usados de várias maneiras para monitorar e avaliar a saúde geral do ecossistema aquático, incluindo o rastreamento de programas de monitoramento de longo prazo relacionados aos impactos antrópicos (OGBUAGU e SAMUEL, 2014). Como também, o sedimento tem sido investigado para esclarecer a poluição ambiental atribuída aos metais pesados e/ou a substâncias tóxicas orgânicas. Além disso, ele é capaz de armazenar informações por um período maior de tempo quando comparado com a disponibilidade de compostos na coluna d'água (MAIA et al., 2006). Dessa forma percebe-se, que os sedimentos são importantes indicadores de qualidade ambiental, por possuir capacidade de adsorver contaminantes, em destaque, os metais pesados (Alves et al., 2010; Pompêo et al., 2013), consequentemente ambientes propícios para o estudo da história da poluição local (LOUREIRO et al., 2012).

As lagoas Subaé e Salgada foram as escolhidas para o referido estudo, pois foram muito afetadas inicialmente pelo processo de urbanização de Feira de Santana, uma vez que, elas representavam um único corpo aquático e foram fragmentadas no decorrer do histórico de construção da cidade (construção de complexos industriais, da BR 324 aterramento para construção residencial). Esses e diversos outros fatores (depósito de lixo) continuam interferindo constantemente nesse ambiente Santo (2012), justificando assim, a necessidade de realizar um estudo que demonstre o histórico de contaminação.

Algumas pesquisas já foram realizadas nas lagoas em estudo, onde os autores destacaram que as mesmas foram modificadas pelas ações que envolvem o processo de urbanização, e um consequentemente o crescimento populacional (ARAÚJO, 2018; LOBÃO, 2005; OLIVEIRA, 2007; NETO, 2011; PEREIRA, 2003; SANTO, 2003; SILVA, 2018;). Estudos de análise química também já foram realizados nas áreas em questão, e dectou alteração na qualidade físico-química e biológica da água

das lagoas Cruz et al., (2013), porém ainda não foi feita uma análise que abordasse a proposta desse trabalho, tornando-o relevante e significativo.

Nesse viés, esse estudo proporcionará um maior entendimento da dinâmica geoquímica, tornando-se útil, visto que conhecer um ambiente é pré-requisito básico para a superação de seus problemas. Além da abordagem científica pois proporciona novos conhecimentos para a área de estudo, visto que, a análise de testemunho de sedimento permite a verificação do histórico de contaminação de determinado ambiente, não apenas o momento atual, como foi apresentado nos demais estudos.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar a concentração e o comportamento dos metais (Fe, Mg, Cd, Zn, Cr, Mn, Pb, Ni), em testemunhos de sedimentos das lagoas Subaé e Salgada da cidade de Feira de Santana – Bahia – Brasil.

2.2 ESPECÍFICOS

- Determinar a concentração dos metais (Fe, Mg, Cd, Zn, Cr, Mn, Pb, Ni) no perfil vertical de sedimento nas lagoas urbanas de Feira de Santana;
- Caracterizar os sedimentos quanto a sua granulometria;
- Caracterizar as possíveis variações verticais das concentrações dos elementos químicos através de testemunhos sedimentares;
- Comparar as concentrações de metais pesados encontrados nos sedimentos com os valores estipulados na legislação ambiental e diversos outros estudos.

3 BASE CONCEITUAL

3.1 SISTEMA LÊNTICO

Estudar os corpos aquáticos ajuda a entender melhor a dinâmica de determinado lugar, como também perceber as relações de influência entre esse ambiente e as situações que o circunda (ROSS, 2008). O estudo dos corpos d'água, são embasados no Brasil pela resolução do Conama Nº 357/2005 Brasil (2005), complementada pela Resolução 430/11, no qual classifica os mesmos como água doce (com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰), água salobra (com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰) e água salina (com salinidade igual ou superior a 30 ‰). A resolução em destaque também discorre que, esses ambientes são divididos como lóticos (relativos a águas continentais moventes) e lênticos (que se referem a água parada, com movimento lento ou estagnado). O sistema lêntico, é um corpo d'água de importante análise para estudo, pois assim como os diversos corpos aquáticos, vem sofrendo diversas modificações, principalmente, em decorrência das ações antropogênicas. Ele pode ser representado por uma lagoa, reservatório ou lago. Esse trabalho tem como foco o estudo das lagoas, essa que pode ser entendida de diversas maneiras, dependendo da concepção de cada autor, pois não há na literatura uma consonância para definir o termo.

Uma lagoa é popularmente definida como uma porção de água cercada por terra, podendo ter ou não ligação com rios ou riachos (ARAÚJO, 2018). De acordo com Esteves (1998), pode-se considerar lagoa como, corpos d'água rasos, de água doce, salobra ou salgada, em que a radiação solar pode alcançar o sedimento, possibilitando, conseqüentemente, o crescimento de macrófitas aquáticas em toda a sua extensão.

Já Guerra (1993), discorre que as lagoas são depressões de formas variadas, tendendo a circulares, de profundidade pequena e cheia de água doce ou salgada. O autor aborda alguns tipos de lagoas como a de interiores e temporária, onde, a de interiores, "resultam de acumulações de água, durante a estação chuvosa, em pequenas depressões, ou de formações de cabeceiras de alguns rios menores" (GUERRA, 1993).

Enquanto as temporárias, são as que, existem apenas na estação das águas, transformando-se em postos de ocasião da estação seca. A tendência natural dessas lagoas é o seu enchimento, isto é, sua colmatagem. Muito comum é reservarmos a denominação lagoa para as lagunas situadas nas bordas litorâneas, que possuem ligações com o oceano (GUERRA, 1993).

As lagoas temporárias são mais suscetíveis a impactos, pois quando ocorre períodos de estiagem, reduz a precipitação anual, impossibilitando a recarga do lençol freático, responsável pela sua alimentação, e, por conseguinte, seu espelho d'água é reduzido e conseqüentemente, vista como um vazio urbano, favorável a construções nesse ambiente (ARAÚJO, 2018). Ou seja, os usos e ocupações possuem seus limites, notadamente em função da vulnerabilidade do referido ecossistema à ação antrópica, seja pelo intenso processo de urbanização das últimas décadas, seja pelos esgotos lançados ou pela extração de areia (SILVA, 2017).

Nesse contexto, estão inseridas as lagoas urbanas, que tem seu espelho d'água reduzido, em decorrência do processo evolutivo de ocupação dessas áreas, que se manifesta de forma desordenada, sem um planejamento adequado que minimize ou evite sua degradação (SILVA, 2017). Esse fato é impulsionado principalmente pelo crescimento acelerado da população, ocasionado pelo intenso processo de urbanização das cidades, expansão das áreas agrícolas e evolução da industrialização (VASCO et al., 2011; ASLAM et al., 2021)

As lagoas possuem grande significado ecológico, econômico e social, portanto, o gerenciamento, conservação e recuperação é muito importante para todo o ambiente. Porém, essas ações são complexas, uma vez que, depende de uma base local ou regional de dados e informações científicas compatíveis com os sistemas regionais (TUNDISI, 2015). Nesse sentido, o estudo de corpos aquáticos, com destaque para as lagoas urbanas, é imprescindível para manter o equilíbrio entre a exploração de recursos naturais e sustentabilidade ambiental (SILVA, 2017).

A preservação das lagoas, bem como os demais sistemas hídricos está relacionado diretamente com a manutenção das relações ecossistêmicas, controle de inundações e estabilização do microclima (ARAÚJO, 2018). Nesse sentido fica evidente que valorizar o ambiente natural local é imprescindível

para todos os tipos de inter-relações, pois, além de tornar o ambiente mais agradável, manterá a harmonia e qualidade de vida das pessoas e espécies presentes.

Da mesma maneira que a tentativa de preservar o meio natural permitirá a existência de um ambiente mais adequado a vida, a falta de cuidado com os mesmos pode gerar consequências negativas para os seres humanos e os ecossistemas presentes. O uso inadequado, sem planejamento, das áreas naturais, pode provocar sérios desequilíbrios ao meio ambiente, resultando em problemas econômicos, sociais e de saúde da população. Sendo um dos problemas ambientais mais graves, a ocupação urbana em torno de lagoas, fontes e mananciais (Teixeira, 2010), uma vez que, essa ocupação urbana nas bacias de drenagens das lagoas pode ocasionar esgotamento dos recursos hídricos, perda de biodiversidade, além da possibilidade de contaminação das pessoas pelo consumo da biota.

Essas transformações dos ambientes naturais podem gerar contaminações provindas de diversas maneiras, ou seja, de diferentes fontes poluidoras, conhecida na literatura como pontuais, quando são concentradas em determinado espaço, e difusas, quando a poluição está distribuída ao longo do percurso (GUEDES, 2011).

Nesse contexto, é notório que a qualidade de um recurso hídrico é afetada principalmente pelo uso e ocupação do solo, logo é imprescindível a identificação e caracterização das fontes de poluição, pois poderá fornecer subsídios para o gerenciamento dessas áreas. Também se faz necessário efetuar a caracterização físico-química e bacteriológica, para avaliar se um determinado corpo d'água apresenta condições satisfatórias para assegurar os seus usos potenciais (CAMPANHA et al., 2010).

Essa avaliação de contaminação do corpo aquático precisa estar em consonância com a legislação ambiental, onde no Brasil são embasados pelo Conama N° 454/2012 Brasil (2005) que irá estabelecer diretrizes para identificar o melhor uso a partir de cada análise dos recursos hídricos.

Com a intenção de implementar uma Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação e gerenciamento dos mesmos, foi criado também no Brasil, baseado na Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, a Agência Nacional de Água – ANA. que de acordo com o Art 4º, obedecerá aos fundamentos,

objetivos, diretrizes e instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos e será desenvolvida em articulação com órgãos e entidades públicas e privadas integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Nesse sentido, compete ao órgão dentre várias funções, fiscalizar e criar medidas de proteção dos recursos hídricos. Essa ação demonstra a inter-relação estabelecida entre sociedade e natureza, e a preocupação do homem com os corpos aquáticos.

3.2 CONTAMINAÇÃO DOS SEDIMENTOS POR METAIS PESADOS

Os sedimentos podem ser considerados como, uma substância que se depositou, sob a ação da gravidade na água Bueno (2007), como também, por um material originado pela destruição de rochas pré-existentes, susceptível de ser transportado e depositado (GUERRA, 1993).

Os sedimentos também podem ser definidos, como um aglomerado de partículas minerais e orgânicas que, interagem com o corpo aquático e colabora para a avaliação da intensidade dos impactos nesse ambiente (MONTEIRO et al., 2015).

Nesse sentido, este estudo, avaliará os sedimentos, componente importante nos segmentos ambientais, pois, são considerados de grande importância na avaliação do nível de contaminação dos ecossistemas aquáticos, representando um repositório final de elementos químicos Pereira (2016), devido não só a sua capacidade em adsorver metais Alves et al., (2010); Pompêo et al., (2013), mas, também, por serem reconhecidos como transportadores e possíveis fontes de contaminação, já que podem liberar espécies contaminantes (FROEHNER, 2008; FARIA e SANCHEZ, 2001).

Logo, estudar a composição química dos sedimentos, com ênfase na concentração de metais pesados, é de fundamental importância para conseguir identificar os possíveis contaminantes dos corpos aquáticos (ALGUL e BEYHAN, 2020; HUANG et al., 2020)

Os metais pesados podem ser encontrados naturalmente no ambiente devido ao intemperismo das rochas (lixiviação e transporte do material desagregado resultante das vias fluviais e eólicas, bem como transportados pela gravidade e pela chuva), ou por interferência do homem no desenvolvimento de suas atividades (industriais, urbanas, domésticas...) (LOUREIRO et al., 2012).

Esses elementos apresentam diferentes toxidades, que variam desde a não críticos, sendo essenciais a vida, até a um alto teor, prejudicial ao ser humano e ao ecossistema (GUEDES, 2011). Nesse sentido, a concentração de metais pesados nos sedimentos, pode gerar, a depender do nível, efeitos diversos ao ambiente e a todos os organismos vivos, incluindo o ser humano, que ao respirar poeira vinda de solos carregados de toxidade ou quando ingerem plantas contaminadas com eles, terá a sua saúde afetada. (VOWOTOR, 2014).

A concentração de metais pesados nos ambientes aquáticos pode ser intensificada por conta de ações antrópicas, principalmente através da indústria química e a mineração, fazendo com que esses se tornem uma das mais graves formas de poluição ambiental (ZHANG et. al. 2020)

Os metais pesados são considerados, dentre os compostos químicos tóxicos, um contaminante de grande relevância, visto que não são biodegradáveis, e podem acontecer um aumento na sua concentração ao longo da cadeia alimentar (SOUZA et al., 2015; OGBUAGU e SAMUEL, 2014).

Portanto, o uso indiscriminado do solo e dos recursos hídricos para os mais variados fins, apontam para a importância do estudo da quantificação, no tempo e no espaço, dos impactos causados nesses ambientes.

Fatores importantes que podem ser levados em consideração são a produção, transporte e deposição de sedimentos nos diversos corpos hídricos (MONTEIRO et al., 2015). Como também, a análise geoquímica durante os períodos de cheia, uma vez que, podem remobilizar materiais solúveis ou particulados que se acumulam entre cheias excepcionais, alterando assim a composição química ou concentração mais frequente de sua carga dissolvida ou particulada (DEPETRIS, 2007).

Um exame detalhado da variação espacial da deposição de metais pesados em sedimentos, pode fornecer informações valiosas a respeito de sua origem e dos mecanismos de transporte, permitindo que se faça uma estimativa do impacto desses metais no meio ambiente e na população (Souza et al., 2015), ou seja, a determinação de metais pesados nos sedimentos, permite historiar e prever o índice de contaminantes ao qual o sistema aquático está sujeito (LOUREIRO et al., 2012).

A retenção e permanência de metais pesados nos sedimentos podem

ser analisadas por diversas variáveis, como: teores de matéria orgânica – usado como indicador de ambiente deposicional-, granulometria – o tamanho do grão determina a capacidade de adsorção -, pH – determina a mobilidade e retenção - , entre outros (SALAZAR et al., 2003; BAGGIO e HORN, 2008; LOUREIRO et al., 2012; MONTEIRO et al., 2015; HUVI et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2018).

Nesse sentido, a análise dessas variáveis nos sedimentos pode indicar a qualidade do ambiente aquático, pois permitem entender as possibilidades de contaminação e as diversas fontes de poluição de determinada área (SOUZA et al., 2015).

Vários estudos de análise da composição química dos sedimentos já foram realizados (quadro 1), mostrando a importância de compreender toda dinâmica de um ambiente hídrico, não só detectar a avaliação de risco, como também, para auxiliar no entendimento de processos históricos. Essas pesquisas demonstram também a importância de avaliar a qualidade do ambiente, em diversas escalas, pois, a evolução do espaço urbano é um processo que ocorre em todos os lugares, e a degradação ambiental provinda dessa ação merece um olhar aguçado.

Quadro 1: Estudos que avaliaram a concentração de metais em sedimentos

REFERÊNCIA	TÍTULO DO ESTUDO	OBJETIVOS
Faria e Sanchez (2001)	Geochemistry and mineralogy of recent sediments of Guanabara Bay (NE sector) and its major rivers - Rio de Janeiro State - Brazil	Estudar vários parâmetros geoquímicos e padrões de distribuição de minerais de argila em sedimentos recentes do interior da Baía de Guanabara e seus principais rios.
Robaina et al., (2002)	Metais pesados nos sedimentos de Corrente, como indicadores de risco ambiental – Vale do Rio dos Sinos, RS	Apresentar uma análise de poluição por metais pesados nos sedimentos de corrente no Vale dos Sinos
Moreira e Boaventura (2003)	Referência geoquímica regional para a interpretação das concentrações de elementos químicos nos sedimentos da Bacia do Lago Paranoá –DF	Determinar valores de referência geoquímica regional para amostras de sedimentos provenientes da bacia hidrográfica do Lago Paranoá, por meio da formulação de índices de geoacumulação

Neto et al., (2011)	Alterações na dinâmica do conjunto de lagoas em feira de santana –ba, a partir de modificações antrópicas.	Determinar a concentração dos metais pesados Zn, Mn, Cr, Cu, Ni, Cd e Fe em sedimentos superficiais do estuário do rio Timbó, nas estações chuvosa e seca, relacionando essas concentrações com os parâmetros hidrológicos e com o teor de matéria orgânica, para avaliar o grau de impactação da área estudada em relação a esses contaminantes.
Salazar et al., (2003)	Condiciones sedimentológicas de La Laguna La Restinga, Isla de Margarita, Venezuela	Estudar, na lagoa La Restinga, a distribuição espacial das frações sedimentares e algumas de suas características químicas (teor de água, matéria orgânica, carbonato de cálcio) como contribuição para o conhecimento e preservação deste ecossistema. lagoa.
Santos et al., (2003).	Metais pesados em sedimentos superficiais da Lagoa Mirim, fronteira Brasil – Uruguai	Caracterizar quimicamente e discutir os padrões de distribuição de Fe, Cu, Zn, Cr, Mn, Cd, Pb nos sedimentos superficiais da Lagoa Mirim.
Soares et al., (2004)	Análise Geoquímica dos Sedimentos de Fundo do Arroio do Salso, Porto Alegre - RS – Brasil	Realizar um estudo geoquímico dos sedimentos de fundo do Arroio do Salso, localizado em Porto Alegre (RS), através de comparações com o background da área de estudo.

Zilli e Gagneten (2005)	Efectos de la contaminación por metales pesados sobre La Comunidad Bentónica de la Cuenca del Arroyo Cululú (Río Salado del Norte, Argentina)	Avaliar a contaminação por metais pesados dos sedimentos de fundo da bacia do Arroyo Cululú (Rio Salado del Norte, Argentina)
Maia et al., (2006)	Distribuição espacial de elementos-traço em sedimentos do Lago Paranoá – DF, Brasil.	Estudar a distribuição espacial dos elementos-traço (Sr, V, Cu, Cr, Mn, Ba, Zn e Hg) e dos elementos maiores (Ca, Mg, Fe, Al) em sedimentos de fundo do Lago Paranoá, tecendo considerações sobre as influências das fontes naturais e de origem antrópica.
Pereira et al., (2006)	Caracterização química e aspectos geoquímicos relevantes da matéria orgânica de sedimentos em suspensão na foz do rio Amazonas Caracterização química e aspectos geoquímicos relevantes da matéria orgânica de sedimentos em suspensão na foz do rio Amazonas.	Avaliar o conteúdo e a natureza da matéria orgânica associada aos sedimentos em suspensão e, em alguns casos, amostras de sedimentos de fundo na foz do rio Amazonas, a partir da análise química elementar para carbono, nitrogênio, hidrogênio, termogramas e de espectros de registros de absorção na região do infravermelho.
Depetris (2007)	The parana River under extreme flooding: a hydrological and hydro-geochemical insight	Compreender os fatores (climáticos, geomorfológicos e ambientais) que configuram tais eventos e, também, aprender mais sobre as modificações que as inundações extremas desencadeiam nos geossistemas interligados que constituem os ambientes ribeirinhos

Azevedo e Nozaki (2008)	Análise de fluorescência de substâncias húmicas extraídas da água, solo e sedimento da Lagoa dos Patos	Verificar possíveis diferenças entre as substâncias húmicas (AFs e AHs) extraídas da água, solo e sedimento da Lagoa dos Patos – MS, utilizando as técnicas espectroscópicas na região do UV-Vis e de emissão de fluorescência.
Baggio e Horn (2008)	Contribuições naturais e antropogênicas para a concentração e distribuição de metais pesados em sedimento de corrente no Rio do Formoso, município de Buritizeiro – MG	Avaliar a concentração total e a distribuição dos elementos: Cu, Cd, Cr, Ni, Pb e Zn nos sedimentos, além de verificar sua origem.
Froehner e Martins (2008)	Avaliação da composição química de sedimentos do Rio Barigüi na região metropolitana de Curitiba	Fazer uma avaliação da composição de sedimentos da Bacia do Rio Barigüi, com relação à presença de metais e às razões de C:N:P
Bevilacqua et al., (2009)	Extração seletiva de metais pesados em sedimentos de fundo do Rio Tietê, São Paulo.	Avaliar os níveis de concentração de metais pesados e suas possíveis associações em amostras de sedimentos de fundo do Rio Tietê, no trecho compreendido entre o Reservatório de Pirapora até o de Barra Bonita
Saraiva et al., (2009)	Avaliação da qualidade de sedimentos - estudo de caso: Sub-Bacia do Ribeirão Espírito Santo, afluente do Rio São Francisco.	Avaliar a qualidade ambiental da área estudada, com base em critérios geoquímicos, biológicos e ecotoxicológicos, bem como discutir os resultados obtidos em cada uma das campanhas de amostragem

Alves et al., (2010)	Avaliação das concentrações de metais pesados em águas superficiais e sedimentos do Córrego Monte Alegre e afluentes, Ribeirão Preto, SP, Brasil	Avaliar as concentrações de metais pesados em água superficial e sedimentos do córrego Monte Alegre e afluentes
Mortatti et al., (2010)	Distribuição de Metais Pesados nos Sedimentos de Fundo ao Longo da Bacia do Rio Tietê.	Avaliar a distribuição dos metais pesados Cr, Cu, Ni, Zn e Pb nos sedimentos de fundo ao longo da bacia do rio Tietê.
Trindade et al., (2012)	Concentrações de metais pesados em sedimentos do rio São Francisco entre Três Marias e Pirapora-MG: geoquímica e classificação de risco ambiental	Identificar áreas e fatores de risco de contaminação à biota a partir da análise da concentração e distribuição dos metais tóxicos (Zn, Cd, Pb, Cu, Cr e Ni) nos sedimentos do rio São Francisco entre Três Marias e Pirapora-MG.
Cruz et al., (2013)	Caracterização granulométrica e mineralógica dos sedimentos como suporte para análise de contaminação ambiental em nascentes do rio Subaé, Feira de Santana (BA).	Determinar a composição granulométrica e mineralógica, através de técnica espectrorradiométrica, de sedimentos nas nascentes da Bacia do rio Subaé
Pompêo et al., (2013)	Biodisponibilidade de metais no sedimento de um reservatório tropical urbano (reservatório Guarapiranga – São Paulo (SP), Brasil): há toxicidade potencial e heterogeneidade espacial?	Avaliar a qualidade do sedimento de um reservatório urbano eutrófico, fundamental para as discussões do gerenciamento do reservatório, em especial do monitoramento e manejo, quanto ao teor de metais fracamente ligados ao sedimento

Siqueira e Aprile (2013)	Avaliação de risco ambiental por contaminação metálica e material orgânico em sedimentos da bacia do Rio Aurá, Região Metropolitana de Belém – PA.	1) fazer uma avaliação da qualidade ambiental da bacia do Rio Aurá (RMB), a partir de uma análise da concentração e distribuição de elementos metálicos (Al, Fe, Mn, Cr, Ni e Cu) e cargas orgânicas nos sedimentos desta; 2) identificar o gradiente de distribuição espaço-temporal e o fluxo dos íons metálicos entre os compartimentos água e sedimento; e 3) classificar os materiais sedimentares a partir da caracterização do transporte e razão dos nutrientes.
Vowotor et al., (2014)	An Assessment of Heavy Metal Pollution in Sediments of a Tropical Lagoon: A Case Study of the Benya Lagoon, Komenda Edina Eguafo Abrem Municipality (KEEA) — Ghana	Avaliar o nível de contaminação por metais pesados em sedimentos de solo coletados de 12 estações diferentes na Lagoa Benya em KEEA, Gana
Ogbuagu e Samuel (2014)	Accumulation and recovery capacity of heavy metals in sand mine ponds of the Otamiri River in Owerri, Nigeria	Investigar os níveis de metais pesados, seu índice de acumulação e potenciais de recuperação em tanques de minas de areia em linha com a gestão eficaz da poluição e sustentabilidade dos recursos.
Huvi et al., (2018)	Estratigrafia do Delta do Catumbela. controles sobre a sedimentação e consequências para a ocupação histórica do litoral de Benguela (SW de Angola)	Apresentar a estratigrafia da acumulação sub-aérea e uma análise dos processos responsáveis pela sua evolução morfo-sedimentar

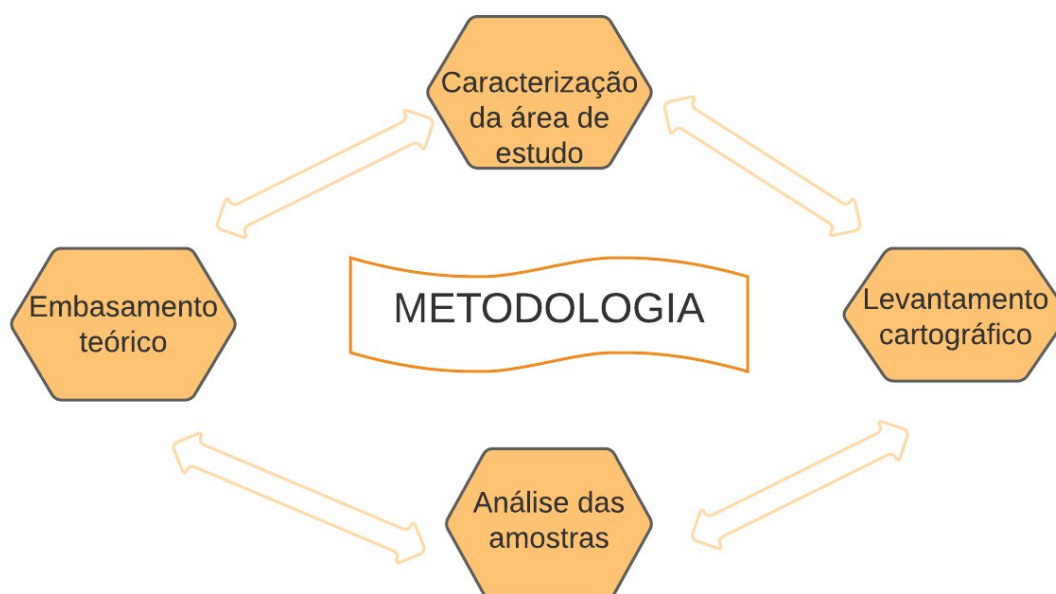
Oliveira et al., (2018)	Concentrações de metais pesados nos sedimentos do lago Água Preta (Pará, Brasil)	Avaliar as concentrações de nutrientes e metais pesados nos sedimentos do fundo do lago Água Preta
Sodrzeieski et al., (2019)	Physico-chemical variability and heavy metal pollution of surface sediment in a non-channeled section of Dilúvio Stream (Southern Brazil) and the influence of channeled section in sediment pollution	Avaliou a variabilidade físico-química de sedimentos superficiais em uma seção não canalizada do córrego Dilúvio. Além de comparar a concentração de vários metais pesados nesta seção com dados de estudos anteriores nas margens do Lago Guaíba próximo à saída do Córrego Dilúvio, a fim de avaliar o impacto da urbanização na poluição de sedimentos.
Algül e Beyhan (2020)	Concentrations and sources of heavy metals in shallow sediments in Lake Bafa, Turkey	Investigar as concentrações e fontes de metais pesados em sedimentos rasos no Lago Bafa
Huang et al., (2020)	Risk assessment of heavy metals in the surface sediment at the drinking water source of the Xiangjiang River in South China	Avaliar o risco de metais pesados no sedimento superficial na água potável nascente do rio Xiangjiang no sul da China
Zhang et al., (2020)	Pollution and Ecological Risk Evaluation of Heavy Metals in the Soil and Sediment around the HTM Tailings Pond, Northeastern China	Utilizar o índice de geo-acumulação (Igeo) e o índice de risco ecológico potencial (RI) para avaliar o impacto ambiental da lagoa de rejeitos da Montanha Hongtou (HTM) na área circundante

Aslam et al., (2021)	Impact of urbanization on hydrogeochemistry and trace metal distribution on five major ponds in the holy city of Gaya, India	Avaliar a qualidade da água potável e irrigacional, traço de contaminação por metais pesados na água e no sedimento em cinco lagoas principais de Gaya, na Índia.
-------------------------	--	---

4 METODOLOGIA

A metodologia utilizada está descrita na figura 1, a partir da caracterização da área de estudo, e em sequência as etapas do levantamento cartográfico, parte que é representada pelas imagens do ambiente estudado, bem como as etapas que correspondem a utilização das amostras (coleta, pré-tratamento, extração parcial dos elementos químicos, determinação da concentração dos metais), essa que terá caráter descritivo e explicativo. Essa pesquisa se constituiu de natureza quantitativa, pois serão determinados valores para cada elemento estudado, e posteriormente comparados com a legislação ambiental.

Figura 1: Metodologia utilizada para desenvolvimento do trabalho

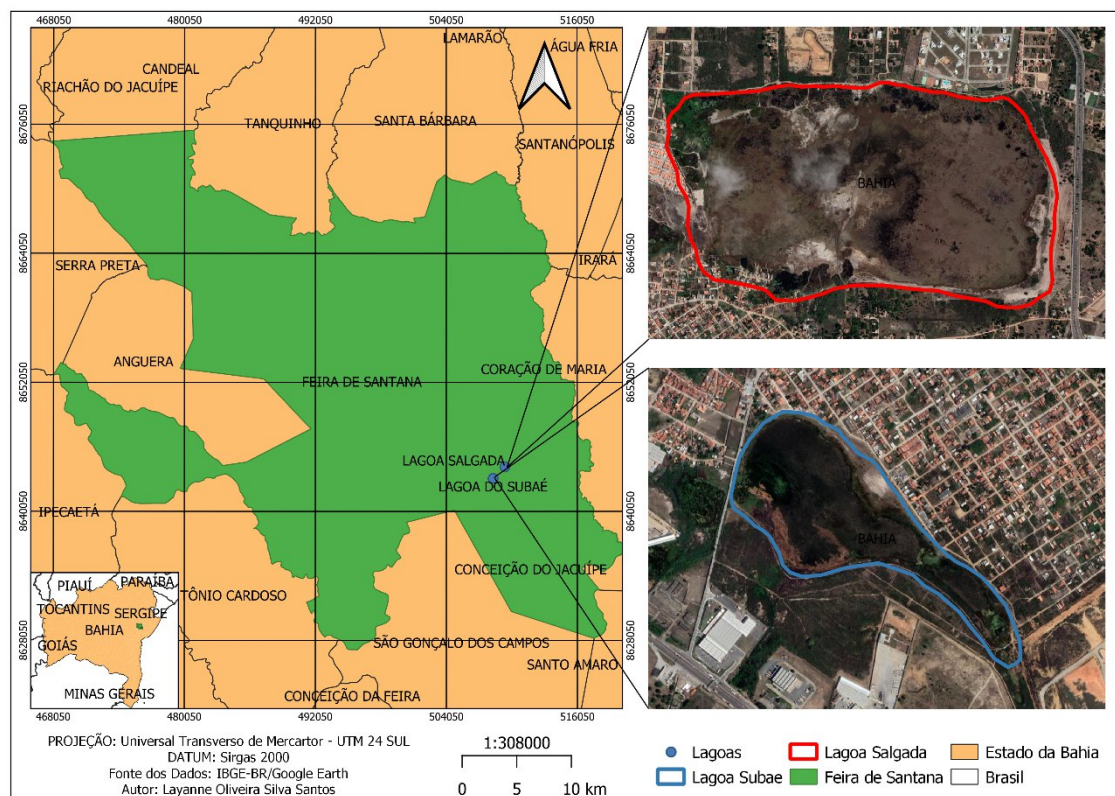


4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Feira de Santana é uma cidade do estado da Bahia, que se estende por 1 338 km², circunscrita a partir das coordenadas geográficas a 12°16'00" de latitude sul e 38°58'00" de longitude oeste (Figura 2). Está localizada em uma região intermediária entre o litoral úmido (Zona da Mata) e o interior semi-árido (sertão), tendo, portanto, o clima definido como quente e úmido. É considerada

uma cidade pouco acidentada, pois possui uma altitude média de 230m, fato que influenciou o povoamento da região (ARAÚJO, 2018). O substrato geológico da região é caracterizado por apresentar dois grandes conjuntos litológicos principais: o embasamento cristalino de idade pré-cambriana e as coberturas sedimentares terció-quadernárias. Os minerais predominantes encontrados nas áreas de estudo, são a caulinita e esmectita (CRUZ, 2013).

Figura 2: Mapa de localização da cidade de Feira de Santana, BA, e as lagoas salgada e subaé.



A cidade está localizada em um entroncamento rodoviário que favoreceu/favorece o desenvolvimento urbano e beneficia o incremento de atividades nos diversos setores da economia. A associação desses fatores entrelaçados proporciona um aumento demográfico significativo no local. Possuindo atualmente uma população estimada de 619.609 habitantes (IBGE, 2020).

Outro fator importante que colaborou para o crescimento do espaço urbano foi, como retrata Araújo (2018), a presença de água em abundância,

provindas de nascentes e lagoas, principais formas de acesso de água potável. Fato esse, que favoreceu inicialmente a pecuária extensiva (principal desenvolvimento econômico inicialmente).

Santo (2003), discorre que o desenvolvimento econômico em Feira de Santana, aconteceu/acontece sem se preocupar com o meio ambiente, de modo que, a vegetação foi retirada para servir de pastagem (fonte de economia local), os rios e lagoas foram sendo degradados (mesmo podendo ser utilizadas como fontes de lazer, foram usadas como depósitos de lixo ou alternativas para a ocupação humana), as águas subterrâneas ficaram comprometidas, devido a construção de fossas, sem respeitar as normas técnicas.

Oliveira (2007), contribui ao inferir que o crescimento populacional que se acentuou ainda mais após a década de 1970 com a implantação do Centro Industrial do Subaé - CIS, contribuiu para as modificações no uso e ocupação do solo. As famílias de baixa renda que ocupam o entorno das lagoas (processo que se acentuou principalmente ao fim dos anos 1980) são também agentes causadores da degradação nestes ambientes, pois as mesmas não dispõem de infraestrutura de saneamento básico, sobretudo de esgotamento sanitário.

Desse modo, Neto (2003) aponta que a dinâmica econômica e populacional ocasionou um crescimento desordenado na cidade e comprometeu seus ambientes naturais, dentre eles as lagoas. O resultado dessa interligação foi o compartilhamento de impactos, pois proporcionou a contaminação de lagoas que estão mais afastadas de ações antrópicas (construções de moradias, estradas, aterros, minerações e despejos de efluentes).

A partir desse contexto essa pesquisa tem como viés o estudo das lagoas Subaé e a Salgada do município de Feira de Santana, ambas fazem parte de um complexo de nascentes, que deságua na Baía de Todos os Santos. A área de estudo insere-se no alto da Bacia Hidrográfica do rio Subaé, logo são consideradas como complexo Subaé - Salgada. Assim como as demais lagoas da cidade, foram modificadas pelas ações antrópicas. Além das transformações ocasionadas pelas construções residenciais e da BR 324 (uma das principais vias de acesso a cidade de Feira de Santana) nas duas lagoas

em estudo, elas também tiveram alterações individuais, como, a lagoa do Subaé pela construção do Centro Industrial do Subaé – CIS, e a lagoa salgada, pela presença de uma olaria, de extração de argila e implantação da Avenida Noide Cerqueira, que facilitou o acesso e a popularização desta região. Vale destacar que ambas recebem também efluentes domésticos (Figuras 3 e 4) (ARAÚJO, 2018).

Figura 3: Interferências na Lagoa Subaé, Feira de Santana-BA



Foto: Lyanne Oliveira Silva Santos, 2020.

Figura 4: Interferências na Lagoa Salgada. Feira de Santana-BA



Foto: Lyanne Oliveira Silva Santos, 2020.

Desse modo, é perceptível através das figuras 5 e 6, que demonstram o uso e ocupação em torno das lagoas Subaé e Salgada de Feira de Santana, as alterações antropogênicas no ambiente natural, confirmando as abordagens de (Araújo, 2018; Santo, 2003; Oliveira, 2007; Neto, 2003) no que diz respeito a construção do espaço urbano. Os anos representados nas imagens foram escolhidos por serem os que apresentaram melhor visualização pretérita e atual no mosaico de imagens de satélites disponibilizados pelo Google Earth. As mesmas comprovam que o ambiente natural foi sendo transformado em um cada vez mais urbanizado. O espelho d'água sofre uma redução nos períodos de estiagem, período esse, que a população invade sem planejamento esse ambiente, para construções residenciais e atividades como criação de animais,

Santo (2003), merece destaque também as atividades industriais realizadas nos referidos locais (ARAÚJO, 2018). Todas essas modificações alteram as características e composição dos solos, fato que comprova a relevância desse trabalho, ao fazer uma análise da composição geoquímica dos elementos, o que corrobora para determinar se as ações antrópicas interferem na qualidade dos solos no decorrer histórico de ocupação.

Figura 5: Uso e ocupação da lagoa Subaé, Feira de Santana-BA, nos anos de 2002 e 2019

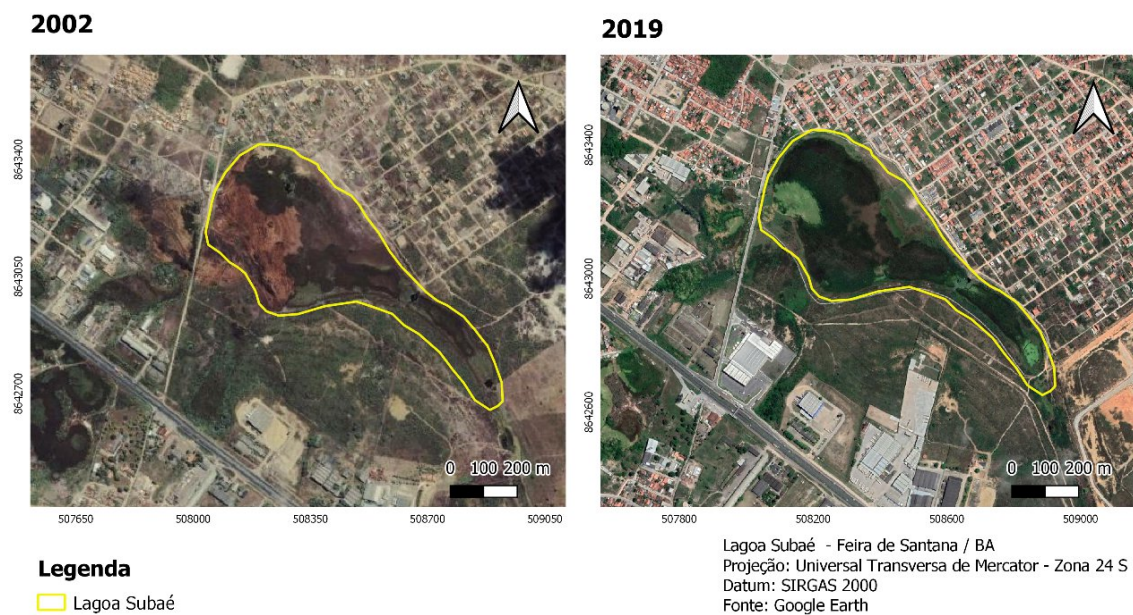



Figura 6: Uso e ocupação da lagoa Salgada de Feira de Santana nos anos de 2008 e 2019

2008



Legenda

 Lagoa Salgada

2019

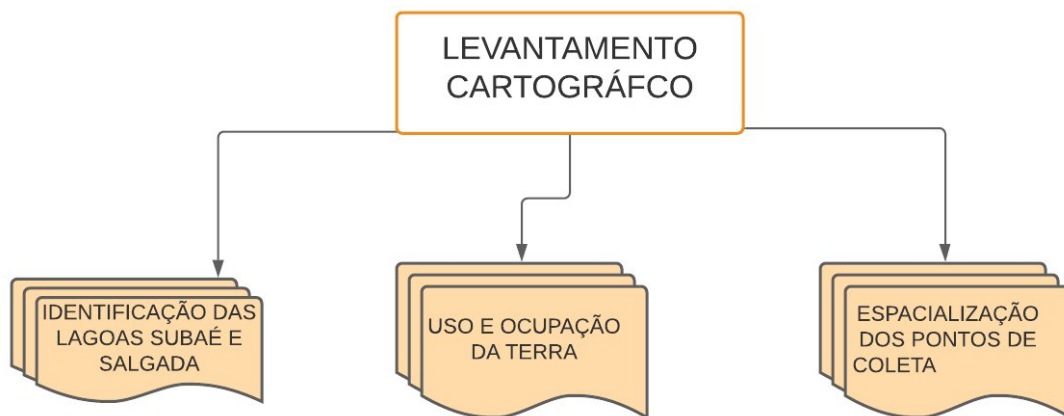


Lagoa Salgada - Feira de Santana / BA
Projeção: Universal Transversa de Mercator - Zona 24 S
Datum: SIRGAS 2000
Fonte: Google Earth

4.2 LEVANTAMENTO CARTOGRÁFICO

O trabalho possui também uma base de recursos imagéticos, que proporciona um maior dinamismo para a pesquisa. Nesse sentido, foi feita a identificação das lagoas urbanas estudadas, a análise de uso e ocupação da terra no espaço que circunda as lagoas em questão, espacialização de seus testemunhos de coletas e tratamento estatísticos dos dados (figura 7).

Figura 7: Modelagem ilustrativa dos mapas que representam as características das lagoas Subaé e Salgada de Feira de Santana



O mapa de Localização da Área de Estudo foi elaborado no Software Qgis 3.8.0, utilizando a base de dados cartográfico do IBGE contendo os limites estaduais do território brasileiro e limites municipais para o estado da Bahia, todos em formato Shapefile. Foi realizado um recorte com destaque para o município de Feira de Santana e localizadas as Lagoas Salgada e Subaé, onde os shapes das referidas lagoas foi feito tomando como base os limites visíveis do espelho d'água em períodos de cheia das lagoas.

Para elaboração dos mapas de localização dos testemunhos de coleta das Lagoas Salgada e Subaé foram utilizadas as imagens do satélite CIBERS 4A com resolução espacial de 2m, disponibilizados pelo Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE. As imagens foram baixadas no portal de Imagens do INPE e processadas através do Software Qgis 3.8.0, onde, foi realizado uma composição das bandas R, G e B com resolução espacial de 8m, e em seguida a imagem RGB foi fusionada com a banda Pancromática de 2m, a imagem é datada de 02 de julho de 2020. Após a composição das bandas foram delimitados os limites das lagoas através da criação de uma camada shapefile, em seguida foram inseridos as coordenadas dos testemunhos de coleta nas

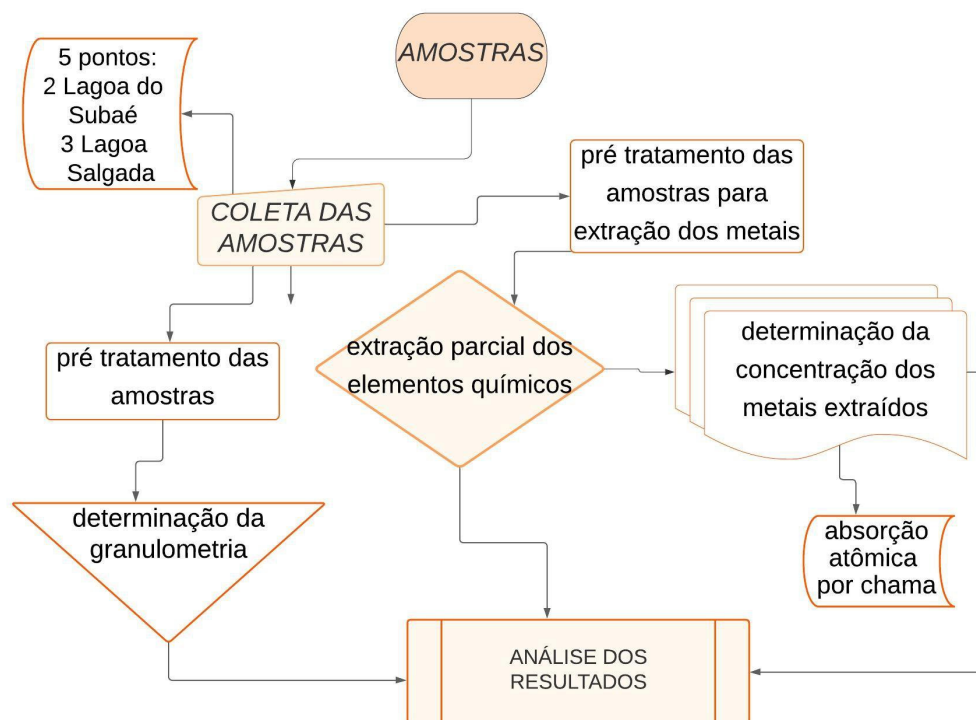
lagoas estudadas.

Os mapas de comparação do avanço da ocupação urbana nas lagoas Subaé (2002 – 2019) e Lagoa Salgada (2008 - 2019), foram realizados por meio do mosaico de imagens de satélites disponibilizados pelo Google Earth, as imagens foram baixadas e georreferenciadas no Software Qgis 3.8.0, em seguida os limites das lagoas foram delimitados através da criação de uma camada shapefile, que teve como base a visualização do espelho d'água em períodos de cheia.

4.3 COLETA DE AMOSTRAS

Um esquema ilustrativo apresentado na figura 8, mostra como foi organizada a coleta e o preparo das amostras.

Figura 8: Modelagem ilustrativa da organização de coleta e tratamento das amostras de sedimento, das lagoa Subaé e Salgada, Feira de Santana – BA



Foram coletados um total de cinco testemunhos, sendo dois testemunhos na Lagoa Subaé, e três na Lagoa Salgada (Figura 9 e 10).

Destaca-se a dificuldade no processo de coleta, com o testemunho, devido ao esforço físico, por conta da profundidade e da densidade dos sedimentos.

Os locais foram escolhidos utilizando como critério o uso e ocupação da terra (testemunho próximo de ações antrópicas e testemunho mais afastado dessas transformações).

Figura 9: Locais da coleta na Lagoa Salgada. Feira de Santana-BA.

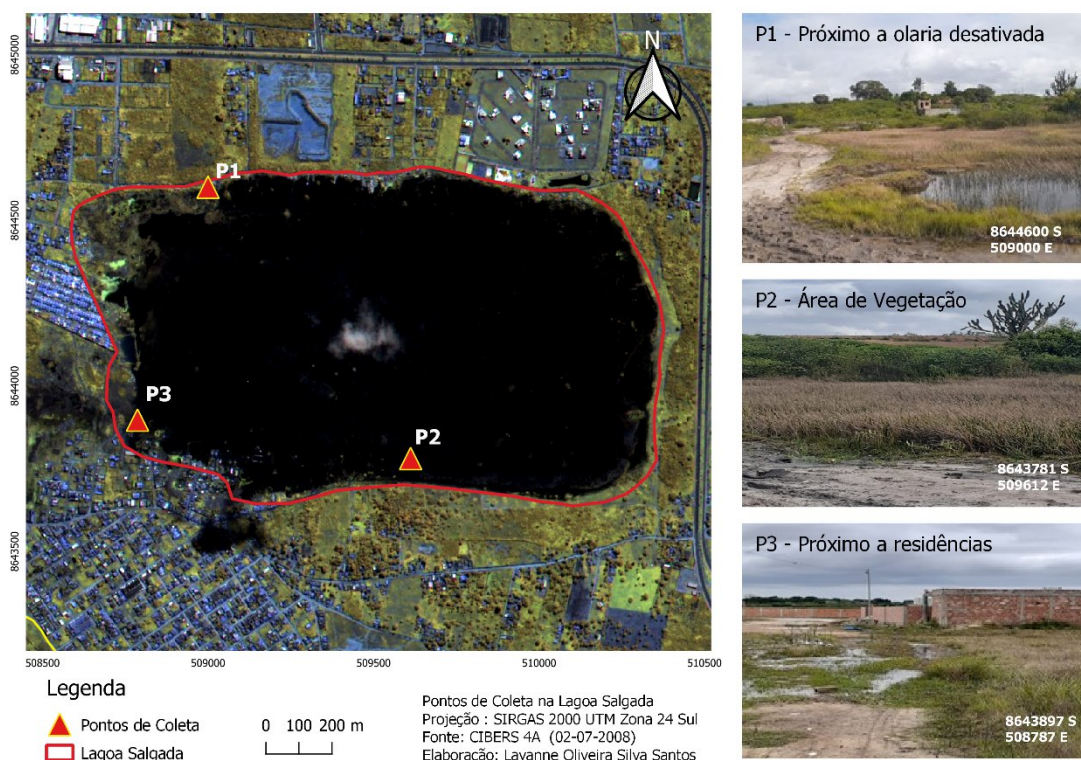
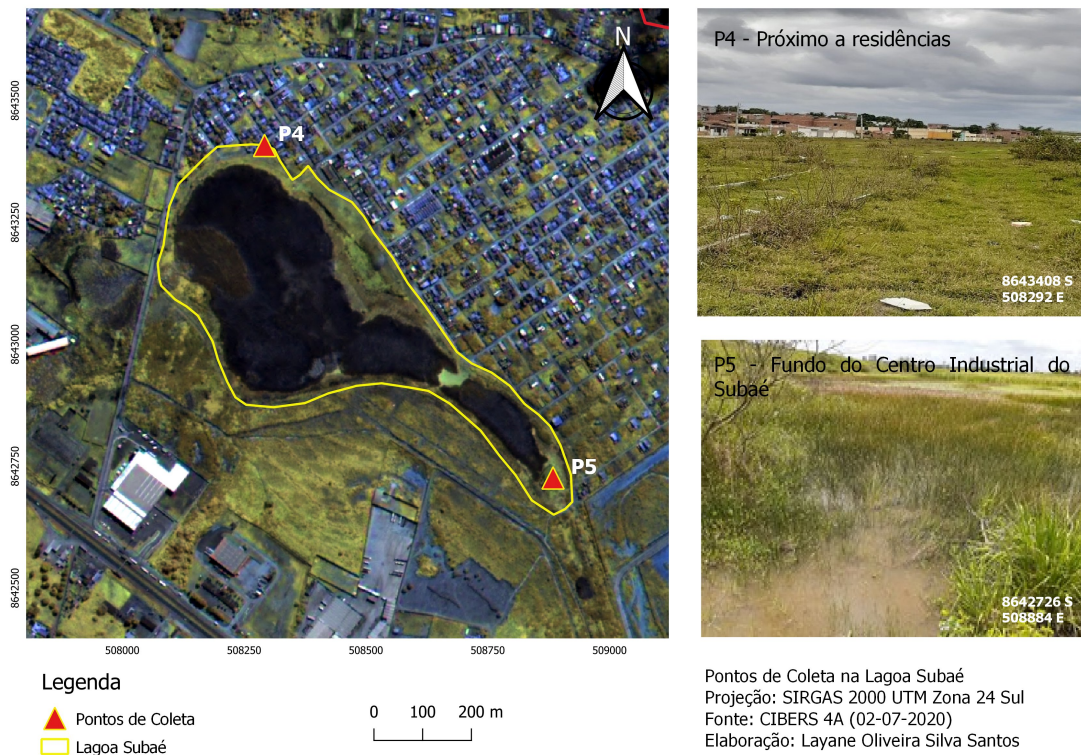


Figura 10: Locais da coleta na Lagoa Subaé. Feira de Santana-BA.



O ponto da coleta das amostras foi determinado utilizando uma ferramenta do Google Earth Pro, que determina a declividade do terreno. Desse modo, o testemunho foi escolhido tendo como base a área mais rebaixada, determinando assim, a coordenada correta do local estudado. Esse método foi escolhido pois áreas mais baixas podem ser representativas de maior deposição de influências.

As amostras foram coletadas utilizando como base o testemunho (profundidade) dos sedimentos, uma vez que, estudos já foram realizados, em relação as áreas superficiais do terreno. A análise de testemunhos, permite também, descrever características pretéritas de determinada área, ou seja, identificar a composição mais antiga dos sedimentos estudados.

A coleta dos testemunhos foi realizada utilizando um trado modelo holandês previamente descontaminado (figura 11).

Figura 11: Coleta de sedimentos utilizando trado



- As amostras foram coletadas no perfil vertical do sedimento a cada 20 cm. Chegando a um total de 120 cm de profundidade, e 6 amostras por testemunho de coleta, totalizando 30 materiais coletados (quadro 2).

Quadro 2: amostragem de cada profundidade

0 - 20	PROFUNDIDADE 1
20 - 40	PROFUNDIDADE 2
40 - 60	PROFUNDIDADE 3
60 – 80	PROFUNDIDADE 4
80 – 100	PROFUNDIDADE 5
100 – 120	PROFUNDIDADE 6

- Todo material coletado foi armazenado em sacos plástico descontaminados e levados para o laboratório da UEFS (Laboratório de Geoquímica e Catálise Ambiental - LGCA).

- No laboratório, as amostras para análise química foram expostas ao ar livre durante 24 horas e posteriormente colocadas na estufa para completa secagem, durante 48 horas.
- Em seguida, as amostras foram moídas para homogeneização dos sedimentos e guardadas em plásticos descontaminados, e armazenados em caixa de isopor..

4.3.1 PRÉ-TRATAMENTO DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO PARA EXTRAÇÃO DE METAIS

Para a extração dos elementos químicos, as amostras anteriormente moídas, foram peneiradas com malha de 0,062mm, separando-se no mínimo 10g do sedimento total, pois essa fração possui uma maior capacidade de reter elementos. A parte retida na peneira foi misturada com os sedimentos não peneirados. Todas as amostras foram divididas em lotes para determinação dos teores dos elementos químicos.

4.3 2 EXTRAÇÃO PARCIAL DE ELEMENTOS QUÍMICOS

As amostras de 0,5g do sedimento peneirado foram pesadas, e posteriormente transferidas para tubos de ensaio, onde foram adicionados 3mL de ácido clorídrico (HCl), e 1mL de ácido nítrico (HNO₃). Após a adição dos ácidos, as amostras foram colocadas no micro-ondas, com temperatura de 180°C, onde permaneceram por 1 hora. Após a dissolução, a solução foi filtrada e complementada com água ultra-pura, em um balão volumétrico de 50 mL. Todas as análises foram realizadas em triplicatas, juntamente com brancos e amostras de material de referência certificado STSD-3. A recuperação dos elementos consta no Quadro 3. Para assegurar a qualidade analítica, para cada 10 amostras, foi feito um branco 1.

Quadro 3: Recuperação do material de referência certificado STSD-3.

Elemento	Fe	Ni	Cd	Zn	Cr	Cu	Mn	Pb
%	88	113	82	95	127	92	83	230

A análise dos teores dos elementos (Fe, Ni, Cd, Zn, Cr, Cu, Mn, Pb) foi uma adaptação da metodologia proposta pela US Environmental Protection Agency (US EPA 3051A).

4.4 DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DOS METAIS EXTRAÍDOS

Para determinar a intensidade dos elementos químicos em cada amostra utilizou o espectrômetro de absorção atômica da marca Analytik jena e modelo novAA 350.

Os comprimentos de onda utilizadas para fazer a leitura dos elementos, estão descritas no quadro 4 e os limites de quantificação de cada elemento estão descritos no quadro 5.

Quadro 4: Linhas utilizadas para leituras em espectrômetro de absorção atômica por chama.

Elemento	Fe	Ni	Cd	Zn	Cr	Cu	Mn	Pb
Linha	248	232	228	213	357	324	279	283

Quadro 5: Limite de quantificação de cada elemento estudado (mg/l) no espectrômetro de absorção atômica por chama

Elemento	Fe	Ni	Cd	Zn	Cr	Cu	Mn	Pb
Limite de quantificação	0,004	0,004	0,0012	0,0014	0,0054	0,003	0,003	0,013

4.5 DETERMINAÇÃO DA GRANULOMETRIA

A análise granulométrica foi realizada por difração a laser. Para tanto, foi utilizada a metodologia da Embrapa de difratometria via peróxido de hidrogênio, onde inicialmente passou a amostra em uma peneira de 2 mm, posteriormente fez a pesagem de 1,5 g da amostra total, em seguida, a amostra foi passada por uma peneira de 500 um. Feita essa parte inicial, pesou a amostra que ficou retida na peneira e guardou, utilizando a parte que passou para continuar o processo, onde foi adicionado 1ml de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) para que ocorresse a reação da amostra. Em seguida a amostra foi levada ao bloco digestor até formar um pequeno filme d'água. Posteriormente

acrescentou 10 ml de água destilada, e levou novamente ao bloco digestor a 80° até que ficasse um pequeno filme d'água. Por conseguinte, foi adicionado 20 ml da solução de hexametáfosfato de sódio ((NaPO₃)₆) a 0,1 mol, que foi transferido para tubo de ensaio plástico de 50 ml, deixando agir durante 4 horas para então fazer análise no Analisador Elementar à Laser.

Os resultados da granulometria foram apresentados através de uma tabela representando os valores no decorrer de cada testemunho e do diagrama de Shepard gerados no software SysGran 3.0.

4.6 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE GEOACUMULAÇÃO - IGeo

Para determinar os níveis de contaminação nos sedimentos, foi calculado o índice de geoacumulação usando a equação proposta por Müller & Wedepohl (1979 in Calmano & Förstner 1996).

$$I_{geo} = \log_2(C_n / 1,5 * B_n).$$

Onde: C_x = Concentração do elemento na fração 0.063µm, dos sedimentos a serem classificados;

B_n = Concentração média de valores de linha de base para argilas na crosta terrestre (folheto médio padrão);

1,5 = Fator de correção para possíveis variações de valores de linha de base, causado por diferenças litológicas.

4.7 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

Os resultados obtidos nessa pesquisa foram trabalhados estatisticamente utilizando a Correlação de Pearson e Análise de Cluster, esses métodos têm sido bastante empregados em trabalhos geoquímicos, auxiliando na análise de contaminação dos metais e suas associações com outros componentes do sedimento (GOMES et al., 2010; BELO et al., 2010; TANG et al., 2010).

4.7.1 Correlação de Pearson

Esta ferramenta estatística foi utilizada no presente trabalho para identificar as possíveis relações entre as concentrações dos metais, bem como com os resultados da granulometria dos sedimentos.

Inicialmente foi feito o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, o qual mostrou que as variáveis possuem dados com distribuição normal. Logo, foram utilizadas técnicas estatísticas a partir dos cálculos dos coeficientes paramétricos da correlação de Pearson.

A correlação de Pearson foi realizada através do software PAST 4.03.

4.7.2 Análise de cluster

Para verificar a similaridade entre as concentrações dos metais nos testemunhos de coletas foi feito um dendograma gerado a partir da análise de cluster, usando o aplicativo PAST 4.03.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Aqui serão apresentados a granulometria dos sedimentos coletados e as concentrações dos metais pesados Fe, Mg, Cd, Zn, Cr, Mn, Pb, Ni no decorrer do histórico de profundidade.

5.1 Análise da granulometria

Os resultados de granulometria dos sedimentos das Lagoas Salgada e Subaé (tabela 1) mostraram que, os testemunhos T1, T3 e T4 apresentaram texturas com predominância da fração arenosa ($> 0,62 \mu\text{m}$), enquanto os T2 e T5 o predomínio da fração silte (0.00394 a 0.062).

Dessa forma, é possível concluir que, as lagoas em estudo apresentam composições diferentes no concerne a sua granulometria, ou seja, dentro do mesmo corpo aquático pode encontrar grãos com diversas texturas (SALAZAR, et al., 2003).

No entanto, no transcorrer de cada perfil vertical estudado as granulometrias dos sedimentos não apresentaram variações expressivas, o que permite concluir que o comportamento de cada testemunho individualmente não foi alterado significativamente no decorrer da profundidade.

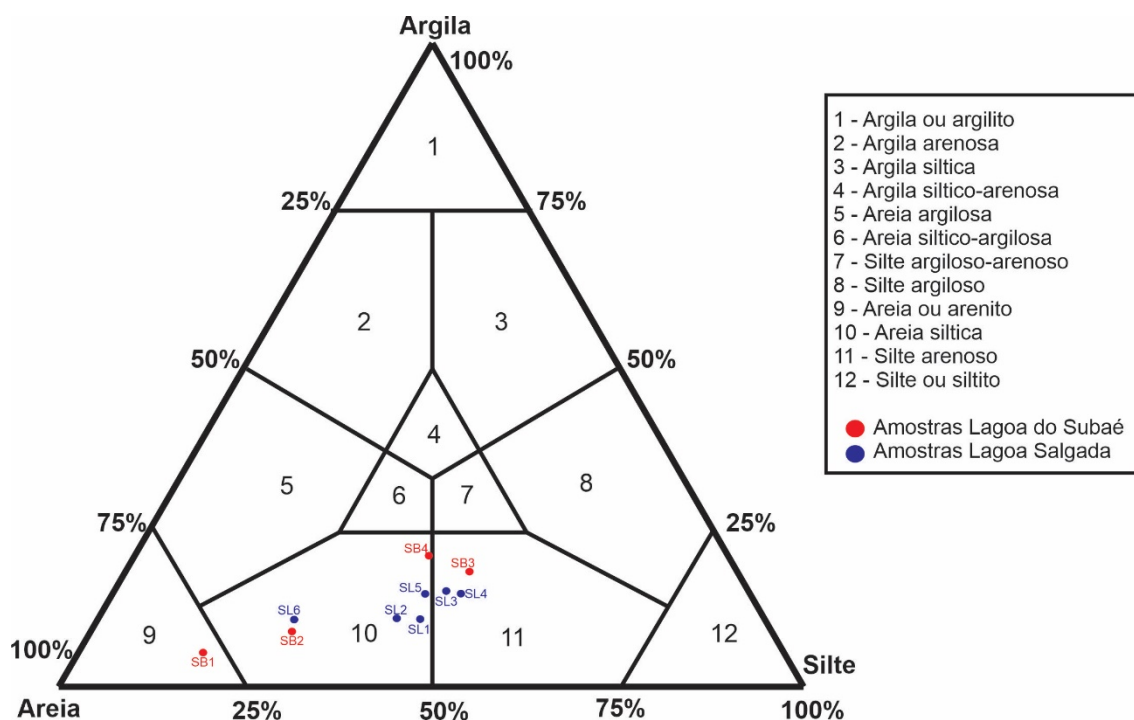
Tabela 1: características granulométricas dos sedimentos das Lagoas Salgada e Subaé, Feira de Santana-Ba, Brasil.

Testemunhos	Argila	Silte	Areia muito fina	Areia fina	Areia média	Areia grossa
1.1	11,55	40,66	10,07	2,8	0	34,92
1.2	13,14	38,44	3,66	0,4	0	44,36
1.3	8,33	28,41	0,25	0	0	63,01
1.4	10,39	34,45	0	0	0	55,16
1.5	1,73	36,45	0	0	0	50,34
1.6	19,14	43,27	0,5	0	0	37,08
2.1	15,02	46,16	0	0	0	38,83
2.2	14,62	47,7	0	0	0	37,69
2.3	16,62	48,78	1,3	0	0	33,88
2.4	13,12	45,64	1,3	0	0	39,64
2.5	16,54	52,4	8,33	1,06	0	21,67
2.6	11,39	44,06	10,32	2,49	0	31,74
3.1	15,03	41,32	3,95	0,08	0	39,62
3.2	10,69	27,46	0,33	0	0	61,52
3.3	10,87	29,86	0,05	0	0	59,22
3.4	14,26	36	0,44	0	0	49,31
3.5	17,54	38,36	1,62	0	0	42,47
3.6	17,7	36,85	4,33	0,52	0	40,6
4.1	4,15	18,91	7,17	4,98	3,65	61,15
4.2	8,76	28,2	7,14	0,73	0	55,17
4.3	0	13,39	7,65	19,68	20,43	38,84
4.4	10,39	34,45	0	0	0	55,16
4.5	10,67	45,33	6,32	0,68	0	37
4.6	7,18	48,2	7,65	0,89	0	36,08
5.1	16,21	42,37	1,46	2,01	0	27,95
5.2	20,36	39,86	10,54	1,18	0	28,06
5.3	10,35	42,25	8,45	0,87	0	38,08
5.4	10,43	46,39	7,7	0,74	0	34,75
5.5	4,62	26,64	12,25	11,89	10,27	34,33
5.6	5,23	29,01	12,68	12,8	11,01	29,26

Constatou-se também através do diagrama de Shepard (figura 12), que os testemunhos amostrais que predominam na Lagoa Salgada, correspondem

a categoria areia siltica e silte arenoso. E na lagoa Subaé, areia siltica, seguida de areia ou arenito e silte arenoso. Sendo possível observar a dominância das classes silte arenosa.

Figura 12 – Diagrama de Shepard gerado a partir das análises granulométricas dos sedimentos das Lagoas Salgada e Subaé



Conclui-se portanto, que as Lagoas Subaé e Salgada apresentaram amostras com significativa variação na textura, desde areia, silte e argila respectivamente. Essa variação também foi identificada no trabalho de Cruz, et al., (2013), onde os autores já destacaram que a variação de textura em uma pequena área com testemunhos de coleta próximos entre si pode ser explicada pelos impactos ambientais na área de estudo.

Esses impactos estão relacionados com a retirada da vegetação original, bem como de sedimentos para uso em olarias, nas construções civis e aterramento das lagoas para construção residencial e industrial. Tais impactos apresentam-se intensos e, de certo modo, irreversíveis em decorrência da forma como o homem interagiu no meio-ambiente. (CRUZ, et al., 2013).

As camadas que apresentam maior concentração de areia no sedimento possuem menor capacidade de adsorção, o que permite a dissolução de íons metálicos na coluna d'água, e, assim, por sua vez, o risco potencial de bioacumulação pela biota local. Já as camadas que tem o predomínio de silte apresentam maior vulnerabilidade à contaminação por metais pesados devido a fina granulometria (FARIA E SANCHEZ, 2001; QUINÁIA. et al., 2009).

5.2 Análise dos metais nos sedimentos

As análises das concentrações dos metais nos sedimentos foram realizadas com base na Resolução 344/04 do CONAMA, que discorre sobre os níveis de classificação do material a ser dragado em águas doces.

As tabelas 2 e 3 apresentam os resultados das concentrações médias dos elementos em sedimentos, em diferentes profundidades, nas duas Lagoas. As análises foram feitas utilizando os símbolos abaixo, para diferenciar os testemunhos:

T1: lagoa salgada - próximo da olaria

T2: lagoa salgada - próximo à área de vegetação

T3: lagoa salgada – próximo de residências

T4: lagoa subaé - próximo de residências

T5: lagoa subaé - fundo do Centro Industrial do Subaé – CIS

Tabela 2: Concentrações dos metais (em mg/kg), em diferentes profundidades, de sedimentos da Lagoa Salgada, Feira de Santana-Ba, Brasil.

Testemunho	Profundidade	Cd	Cr	Fe	Mn	Pb	Ni	Mg	Zn	Ordem de acumulação
1.1	0 - 20	> 0,0012	> 0,0054	3004,06	93,46	7,49	7,64	2156,85	71,15	Fe > Mg > Mn > Zn > Pb > Ni
1.2	20 - 40	> 0,0012	> 0,0054	3013,73	113,53	1,64	5,09	2282,49	87,00	Fe > Mg > Mn > Zn > Pb > Ni
1.3	40 - 60	> 0,0012	> 0,0054	3072,91	242,34	37,10	5,49	2714,83	111,50	Fe > Mg > Mn > Zn > Pb > Ni
1.4	60 - 80	> 0,0012	> 0,0054	3060,02	227,42	91,12	6,40	2252,58	128,92	Fe > Mg > Mn > Zn > Pb > Ni
1.5	80 - 100	> 0,0012	> 0,0054	3074,14	210,22	84,47	5,92	2135,83	125,68	Fe > Mg > Mn > Zn > Pb > Ni
1.6	100 - 120	> 0,0012	> 0,0054	3057,32	110,31	69,10	7,20	2097,89	127,39	Fe > Mg > Zn > Mn > Pb > Ni
DP				30,44	67,34	38,84	0,99	227,46	24,23	
MÉDIA				3047,03	166,21	48,49	6,29	2273,41	108,61	Fe > Mg > Mn > Zn > Pb > Ni
DV				1,00	40,51	80,11	15,74	10,01		
Próximo da olaria										
2.1	0 - 20	> 0,0012	> 0,0054	3054,24	62,78	101,50	7,06	2190,36	84,04	Fe > Mg > Pb > Zn > Mn > Ni
2.2	20 - 40	> 0,0012	> 0,0054	3021,27	58,75	90,18	4,90	2148,41	87,08	Fe > Mg > Pb > Zn > Mn > Ni
2.3	40 - 60	> 0,0012	> 0,0054	3047,39	63,60	84,95	4,11	2576,53	110,56	Fe > Mg > Zn > Pb > Mn > Ni
2.4	60 - 80	> 0,0012	> 0,0054	3018,33	54,29	83,87	6,63	2590,14	134,67	Fe > Mg > Zn > Pb > Mn > Ni
2.5	80 - 100	> 0,0012	> 0,0054	2916,19	48,61	73,28	12,12	2280,39	113,99	Fe > Mg > Zn > Pb > Mn > Ni
2.6	100 - 120	> 0,0012	> 0,0054	3005,88	39,73	76,31	16,85	2775,80	144,99	Fe > Mg > Zn > Pb > Mn > Ni
DP				49,73	9,19	10,13	4,91	255,24	24,53	
MÉDIA				3010,55	54,63	85,01	8,61	2426,94	112,55	Fe > Mg > Zn > Pb > Mn > Ni
DV				1,65	16,82	11,92	56,98	10,52	21,80	
Próximo a área de vegetação										
3.1	0 - 20	> 0,0012	> 0,0054	3214,39	118,04	68,51	8,85	2715,16	191,17	Fe > Mg > Zn > Mn > Pb > Ni
3.2	20 - 40	> 0,0012	> 0,0054	3182,60	85,42	65,89	8,38	3193,68	130,64	Mg > Fe > Zn > Mn > Pb > Ni
3.3	40 - 60	> 0,0012	> 0,0054	3223,48	87,25	72,04	10,71	3772,76	123,46	Mg > Fe > Zn > Mn > Pb > Ni
3.4	60 - 80	> 0,0012	> 0,0054	3256,60	98,63	86,19	3,82	4137,69	144,19	Mg > Fe > Zn > Mn > Pb > Ni
3.5	80 - 100	> 0,0012	> 0,0054	3264,43	124,08	84,46	3,60	4184,71	158,51	Mg > Fe > Zn > Mn > Pb > Ni
3.6	100 - 120	> 0,0012	9,944	3265,82	118,54	87,24	5,45	3888,90	155,94	Mg > Fe > Zn > Mn > Pb > Ni
DP				33,42	17,06	9,64	2,93	579,32	24,14	
MÉDIA				3234,55	105,33	77,39	6,80	3648,82	150,65	Mg > Fe > Zn > Mn > Pb > Ni
DV				1,03	16,20	12,45	43,09	15,88	16,02	

Próximo de residências

Tabela 3: Concentrações dos metais (em mg/kg), em diferentes profundidades, de sedimentos da Lagoa Subaé, Feira de Santana-Ba, Brasil.

Testemunho	Profundidade	Cd	Cr	Fe	Mn	Pb	Ni	Mg	Zn	Ordem de acumulação
4.1	0 - 20	> 0,0012	12,95	3191,97	122,71	119,76	2,03	2293,54	175,48	Fe > Mg > Zn > Mn > Pb > Cr > Ni
4.2	20 - 40	> 0,0012	22,34	3209,50	127,02	102,25	2,06	2423,24	189,07	Fe > Mg > Zn > Mn > Pb > Cr > Ni
4.3	40 - 60	> 0,0012	56,35	3316,73	82,20	70,63	10,18	4251,93	118,82	Mg > Fe > Zn > Mn > Pb > Cr > Ni
4.4	60 - 80	> 0,0012	52,26	3308,62	68,66	80,93	8,85	4495,87	102,89	Mg > Fe > Zn > Pb > Mn > Cr > Ni
4.5	80 - 100	> 0,0012	50,12	3466,74	59,71	69,69	5,46	3840,81	105,91	Mg > Fe > Zn > Pb > Mn > Cr > Ni
4.6	100 - 120	> 0,0012	59,52	3399,47	52,33	73,95	5,94	4118,11	126,21	Mg > Fe > Zn > Pb > Cr > Mn > Ni
DP			19,56	106,27	32,15	20,38	3,37	963,37	36,79	
MÉDIA			42,26	3315,51	85,44	86,20	5,75	3570,58	136,40	Mg > Fe > Zn > Pb > Mn > Cr > Ni
DV			46,30	3,21	37,63	23,64	58,55	26,98	26,97	

Próximo de residências

Testemunho	Profundidade	Cd	Cr	Fe	Mn	Pb	Ni	Mg	Zn	Ambiente
5.1	0 - 20	> 0,0012	96,49	3449,12	154,84	70,24	12,34	856,53	126,73	Fe > Mg > Mn > Zn > Cr > Pb > Ni
5.2	20 - 40	> 0,0012	115,69	3448,86	177,21	80,73	10,02	493,77	120,06	Fe > Mg > Mn > Zn > Cr > Pb > Ni
5.3	40 - 60	> 0,0012	137,57	3330,96	224,61	156,18	10,42	1221,22	202,91	Fe > Mg > Mn > Zn > Pb > Cr > Ni
5.4	60 - 80	> 0,0012	90,74	3309,29	136,78	104,17	7,87	1236,50	81,95	Fe > Mg > Mn > Pb > Cr > Zn > Ni
5.5	80 - 100	> 0,0012	80,10	3165,99	186,64	86,01	7,81	704,34	116,39	Fe > Mg > Mn > Zn > Pb > Cr > Ni
5.6	100 - 120	> 0,0012	92,69	3254,93	148,59	89,06	10,90	861,02	97,93	Fe > Mg > Mn > Zn > Cr > Pb > Ni
DP			20,86	110,64	31,91	30,71	1,78	290,86	41,85	
MÉDIA			102,21	3326,52	171,45	97,73	9,89	895,56	124,33	Fe > Mg > Mn > Zn > Cr > Pb > Ni
DV			20,41	3,33	18,61	31,42	17,94	32,48	33,66	

Fundo do CIS

A tabela 2 da Lagoa Salgada, assim como na tabela 3 da lagoa Subaé demonstram que o Fe e o Mg são os elementos mais abundantes nesse corpo hídrico, sendo que os testemunhos 1 e 2 da Lagoa Salgada, e 5 da lagoa Subaé apresentam o mesmo padrão na ordem de concentração dos elementos químicos analisados, ou seja, predomínio de Fe, seguido de Mg. No testemunho 3, da lagoa Salgada, e 4 da lagoa Subaé, a ordem na concentração de metais apresentou uma inversão entre o Fe e o Mg, para todas as profundidades, com exceção da superficial.

Depois do Fe e Mg, o Zn e o Mn são os elementos mais abundantes, sendo o Zn predominando no T2, T3 e T4, e o Mn no T1 e T5.

Para ferro, manganês e magnésio não existem valores de referência, pois estes são elementos típicos do solo/sedimento, e podem ser encontrados em diferentes concentrações de acordo com a região. Cruz et al., (2013), corrobora ao apontar em seu estudo de caracterização granulométrica e mineralógica dos sedimentos superficiais das nascentes do rio Subaé em Feira de Santana (BA), a presença em abundância dos minerais caulinita e esmectita, onde os mesmos possuem alta concentração de Fe em sua composição, logo, disponíveis nos sedimentos.

O zinco, não representa contaminação no meio ambiente, pois de acordo com a legislação ambiental do Conama, não ultrapassa os valores de limites médio de 315 mg/kg. Essas informações corroboram com as de (Algul e Beyhan, 2020; Silva. et al. 2010; Siqueira e Aprille, 2013) que encontraram valores relativamente maiores nos seus trabalhos, do que os dessa pesquisa e não detectaram contaminação nos ambientes que estudaram.

Na sequência o elemento mais encontrado, dentre os estudados é o chumbo, sendo mais representativo nos T2, T4 e T5 com teores ultrapassando o nível estabelecido pelo Conama de 91.3 mg/kg. Na atmosfera pode ser encontrado na forma particulada, a qual pode transportar partículas pequenas a longas distâncias. Santos (2015). Observa-se portanto, que esses testemunhos estão localizados em áreas de olarias. Estudos anteriores, realizados nesse mesmo local, por Cruz et al., (2013), já apontava para concentrações de chumbo duas vezes mais altas que a composição média dos folhelhos (20 mg. Kg, segundo TUREKIAN & WEDEPOHL, 1961). Porém, é possível apontar que, apesar do testemunho da olaria apresentar concentrações mais elevadas

de Pb, do que os demais, em outras áreas, bem como na lagoa Subaé (Tabela 6), também apresentaram concentrações na mesma grandeza. Magno et al., 2020 encontrou concentrações de Pb variando de 91,3 a 16727,20 mg/Kg, em Maragojipinho-BA, município reconhecido pela produção, em larga escala, de cerâmica.

No que se refere ao cromo, seus valores foram abaixo do limite de detecção (0,0054 mg/l) nos T1, T2, T3 e T4. Enquanto que no T5 da lagoa subaé apresentou concentrações mais elevadas que a estabelecida pelo Conama de 90 mg/kg, principalmente nas camadas mais superficiais, sugerindo portanto, grau de contaminação no referido testemunho.

Os teores de Cr encontrados nessa lagoa podem estar relacionados a atividade industriais do CIS (Centro Industrial do Subaé), estando em consonância com diversos estudos que demonstram a relação desse elemento com o processo de industrialização (ALVES, et al., 2010; FROEHNER e MARTINS 2008; ALGÜL e BEYHAN 2020). Dentre as atividades industriais, a fabricação de tinta, corantes, explosivos, produção de cerâmica e papel, são fontes mais expressivas desse elemento para o meio ambiente, como destaca Trindade (2002), em seu estudo sobre a concentração de metais pesados em sedimentos do rio São Francisco entre Três Marias e Pirapora-MG.

Em sequência dar-se-á o níquel com baixa concentração nos 5 testemunhos, todos com valores bem abaixo do limite considerado prejudicial para o ambiente de acordo com o Conama (35,9 mg/kg). Mesmo os valores mais elevados não são indicativos de contaminação ambiental.

As concentrações de Cd foram abaixo do limite de quantificação (0,0012mg/l) em todos os testemunhos, porém essa não significa que os elementos não estejam nas amostras coletadas, mas que suas concentrações estão abaixo dos limites de detecção do equipamento utilizado.

Verifica-se portanto, a partir da análise geoquímica dos metais estudados na Lagoa Salgada, que os sedimentos não apresentaram alterações significativas ao longo do tempo, com exceção do chumbo, que teve seus valores elevados nas camadas mais superficiais dos testemunhos. Sugerindo que esse corpo hídrico não está sendo impactado significativamente por estes potenciais contaminantes, exceto o chumbo. Esse cenário pode ser modificado

e intensificado futuramente por meio das diversas atividades que são exercidas no local (processo de industrialização, lixo e esgoto a céu aberto, além de construção irregulares).

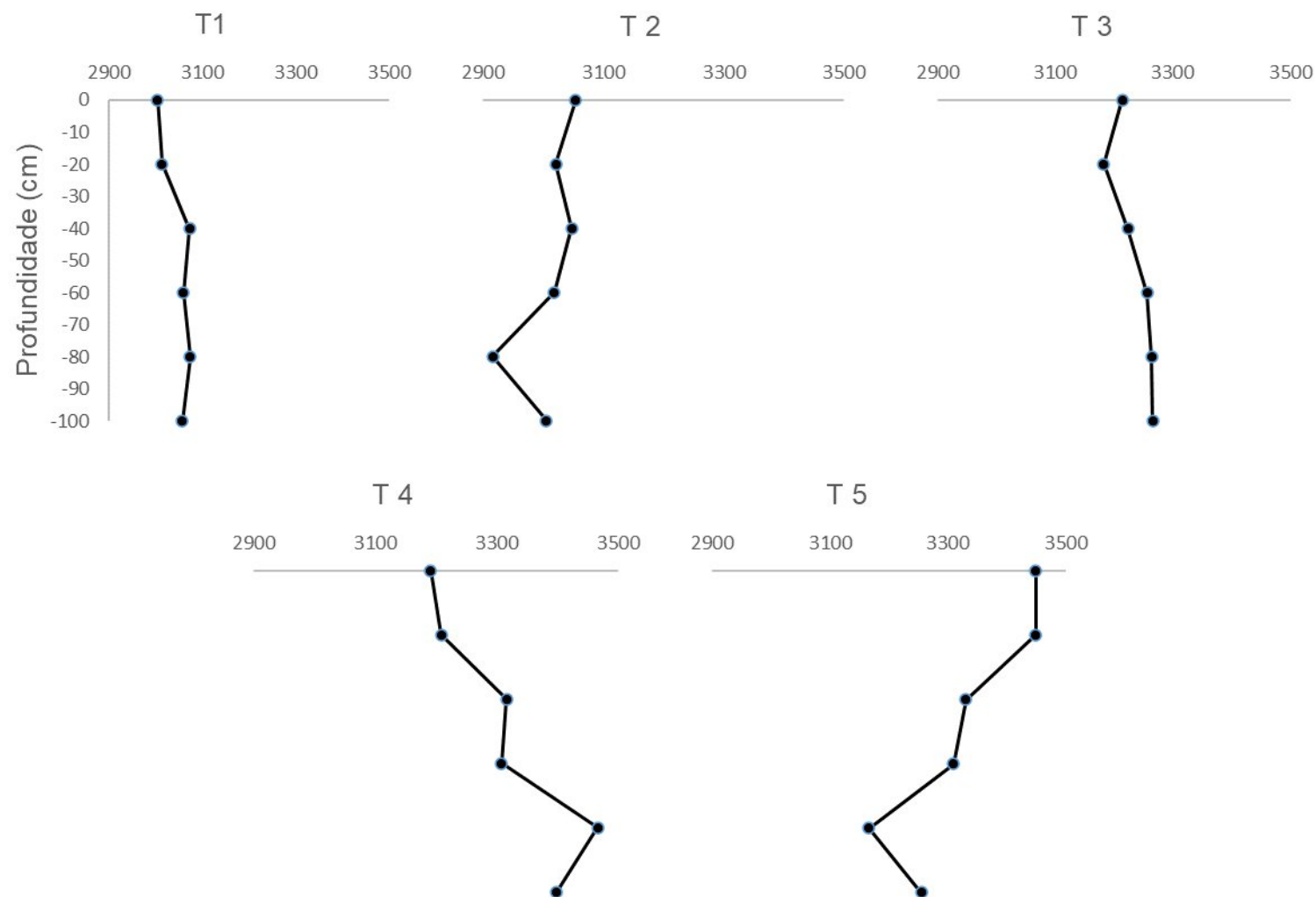
E em relação a Lagoa Subaé, a frequência maior dos elementos no T5, bem como, valores elevados de Cr e Pb são indicativos de possível contaminação ambiental, podendo ser justificada pela presença do CIS, uma vez que, a concentração de metais pesados podem ser intensificadas principalmente através das atividades industriais (Zhang et al., 2020; Froehner e Martins, 2008), bem como pela ocupação irregular em torno do corpo hídrico, uma vez que, fontes pontuais contribuem significativamente para o aumento das concentrações dos metais pesados nos sedimentos evidenciando a problemática ambiental na área urbano-industrial (TRINDADE et al., 2012).

5.3 Comportamento geoquímico dos metais no decorrer das profundidades dos testemunhos

A figura 13 apresenta o perfil vertical, da concentração de Fe, nos cinco testemunhos. Os T1 e T4 apresentam comportamentos parecidos, em relação a concentrações menores na superfície, oscilações em toda extensão da profundidade, e na camada mais profunda, concentrações um pouco mais elevadas. Enquanto que T2 apresenta concentrações mais elevadas na superfície, sofre uma pequena queda em 80 cm, do sedimento, e na última camada volta a apresentar valores próximos ao registrado na superfície. Em contraste ao T3 que sofre redução na concentração em camadas logo abaixo da superficial, depois a concentração volta a valores observados na superfície, se estabiliza e mantém até a última camada analisada. O T5 apresenta valores maiores que os demais, podendo ser explicado pelas atividades que são realizadas no CIS (Centro Industrial do Subaé), ou seja, é o testemunho mais influenciado por atividades antrópicas. A figura 14 mostra que em camadas mais superficiais as concentrações são maiores, e durante todo o perfil, com pequenas oscilações, até que atinja as menores concentrações, nas camadas mais profundas. Os altos valores de Fe são explicados pela sua mobilidade, específico do local, é esperado para o elemento mais abundantes da crosta, como já foi falado em momentos anteriores desse trabalho, e seu

comportamento, sofrerá oscilação.

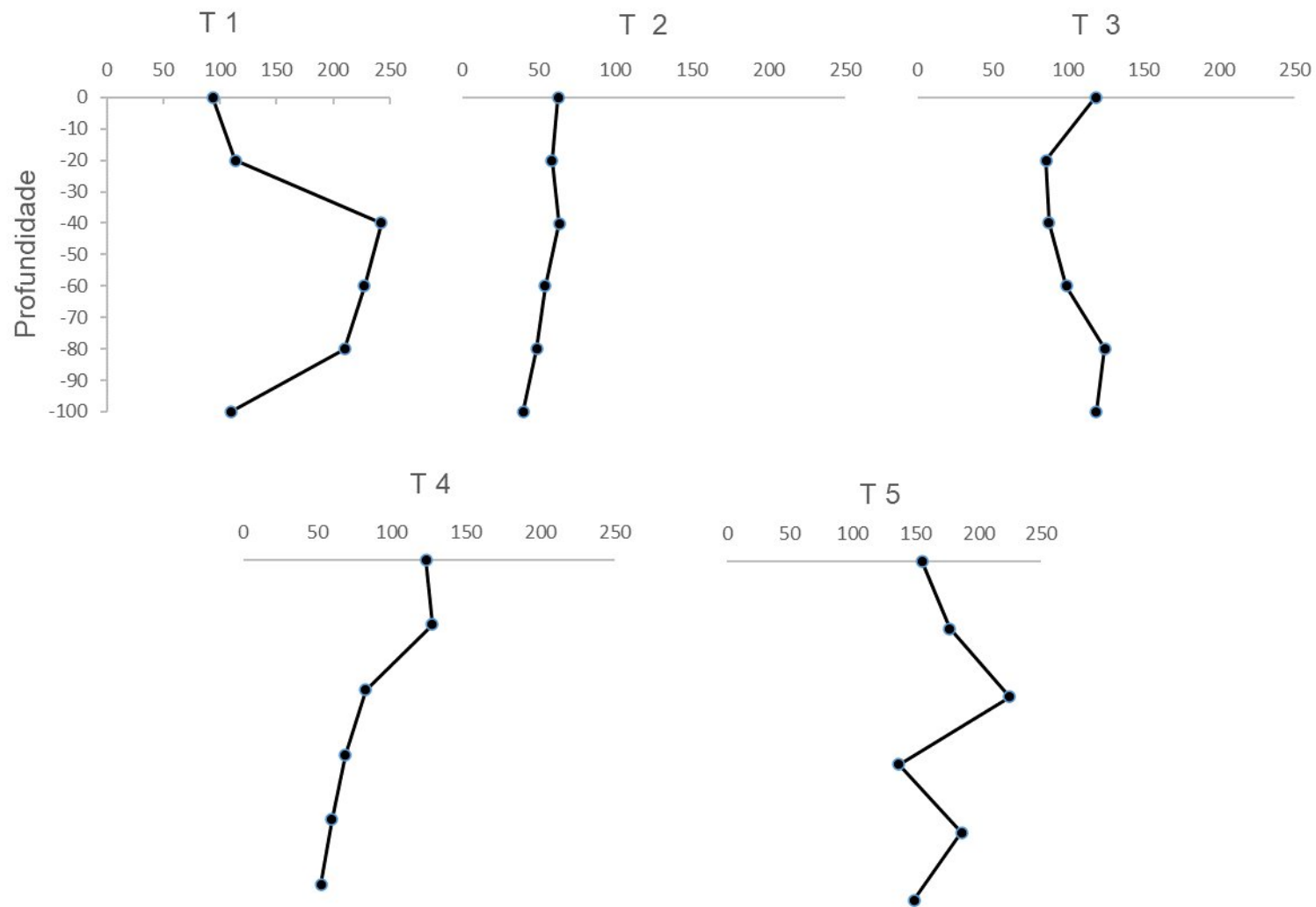
Figura 13 – Concentrações de Ferro (mg/kg) nos testemunhos das Lagoas Salgadas e Subaé em Feira de Santana/BA.



Em relação a distribuição vertical da concentração do manganês (figura 17) o T1 permanece com um comportamento mais homogêneo, no qual inicia com concentração mais baixa, passa por um enriquecimento significativo (até 2 vezes do valor obtido no sedimento superficial) permanecendo com os valores próximos até a camada mais profunda (90 cm), quando decresce para valores próximos ao obtido no sedimento superficial. O T2 e o T4, apresentam comportamentos semelhantes, registrando concentrações mais elevadas no sedimento superficial, e, nas camadas seguintes as concentrações foram decrescendo aos poucos, até atingir valores até 3 vezes menores do que na superfície. O T3 aponta valores semelhantes e mais elevados nas camadas mais superficiais e mais profundas. Enquanto que, no T5 ocorre variações constantes no histórico da profundidade e uma tendência de redução à medida que se aproxima da superfície (figura 14).

Comparando o resultado desse trabalho com outros similares (Siqueira e Aprile, 2013; Santos, et al 2003), nota-se que a presença de manganês, muitas vezes, está associado a determinados minerais que são encontrados na biota.

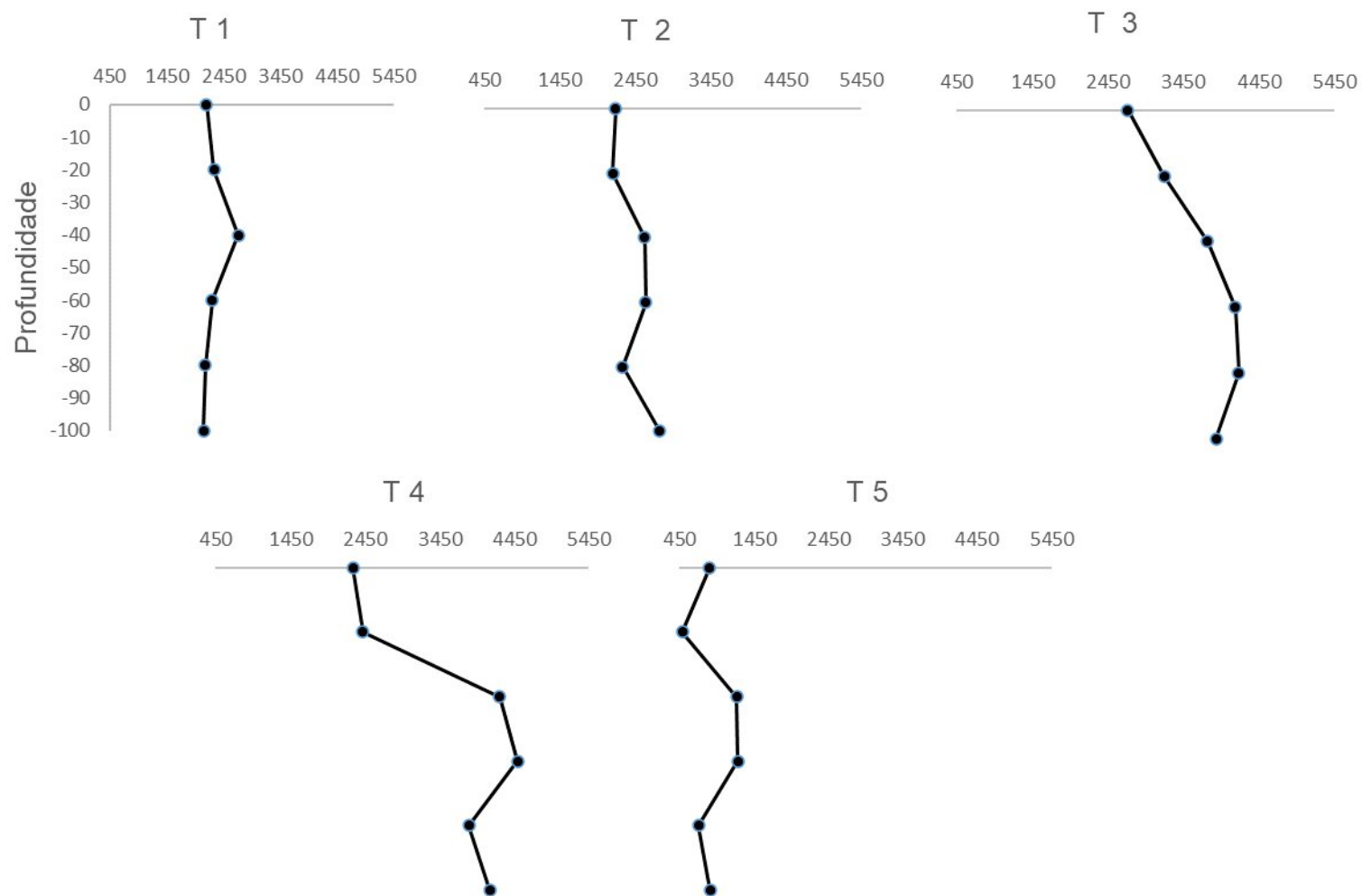
Figura 14 – Concentrações de Manganês (mg/kg) nos testemunhos das Lagoas Salgadas e Subaé em Feira de Santana/BA.



Em relação a distribuição vertical de Mg, nos testemunhos de sedimentos, é possível destacar que todos os testemunhos registraram acréscimos na concentração de Mg, nas camadas intermediárias (entre a superficial e a mais profunda). Para o T2, destaca-se concentrações maiores, na camada mais profunda (100cm). O T1 e T3 apresenta uma tendência de redução nas proximidades da superfície. É importante destacar que o T5 apresentou, ao longo das camadas analisadas, concentrações de Mg que chegaram até a metade, dos valores registrados nos outros 4 testemunhos (figura 15).

Vale salientar, que a concentração do Mg em solos e sedimentos, varia muito com o tipo de materiais que os originou e também com o pH destes, portanto a concentração desse metal nos sedimentos, dos diferentes testemunhos, deve estar sendo influenciada pelos tipos de minerais e pelo pH (PARRA, 2006; SANTOS, et al., 2003).

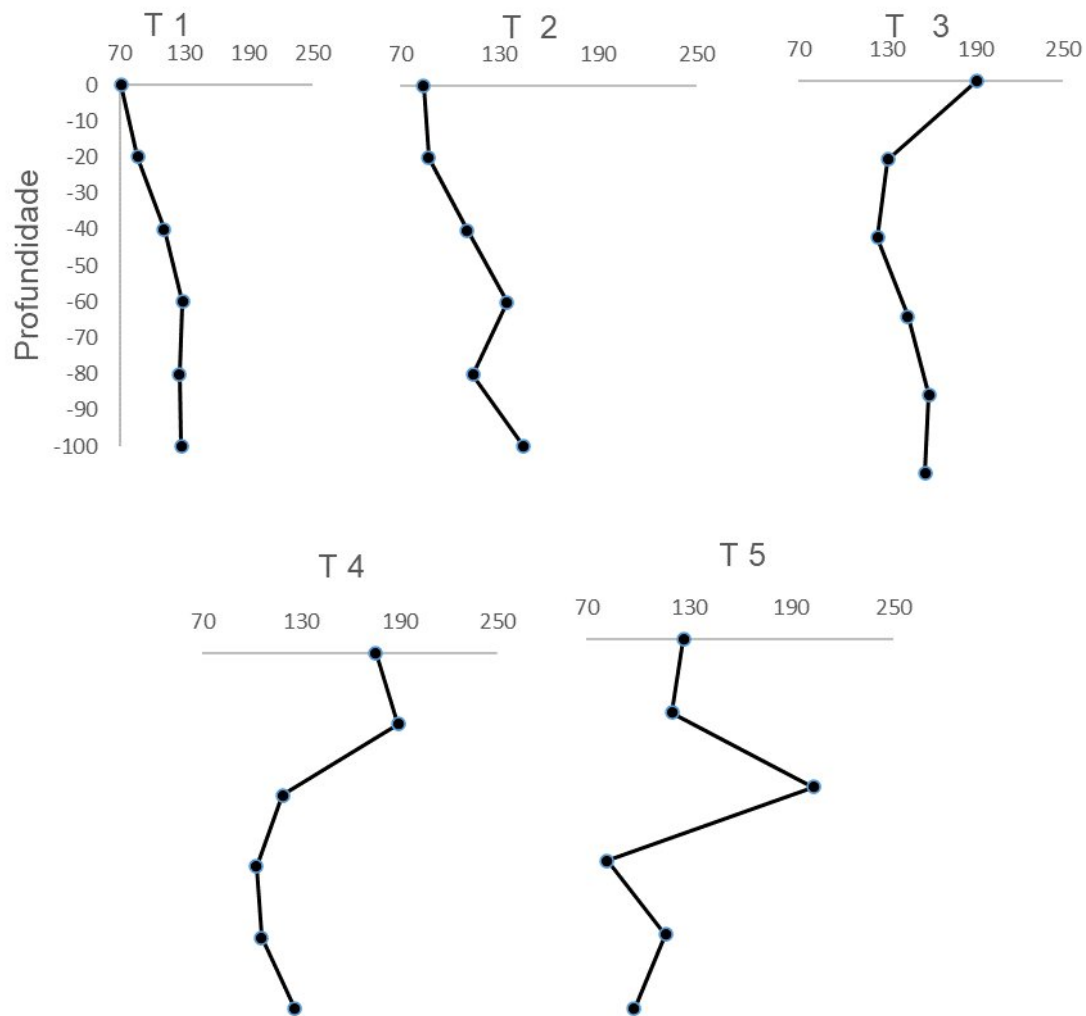
Figura 15 – Concentrações de Magnésio (mg/kg) nos testemunhos das Lagoas Salgadas e Subaé em Feira de Santana/BA.



A respeito das concentrações de Zn, ao longo dos testemunhos (figura 16), destaca-se, mais uma vez, a homogeneidade do T1, onde concentrações mais baixas são registradas na superfície, aumentando na camada seguinte, e se mantendo até a camada mais profunda. Diferente dos demais testemunhos, que mantiveram algumas oscilação e finalizaram, na camada mais profunda, com concentrações mais altas (T2), ou com significativas reduções, finalizando, com concentrações mais inferiores que as superficiais, alcançando até metade do valor inicial (T3, T4 e T5).

As concentrações de zinco são inferiores àquelas reportadas para outros ambientes não impactados e em comparação com diversos valores de referência mundial (ALGUL e BEYHAN, 2020; SILVA. et al. 2010; SIQUEIRA e APRILE, 2013).

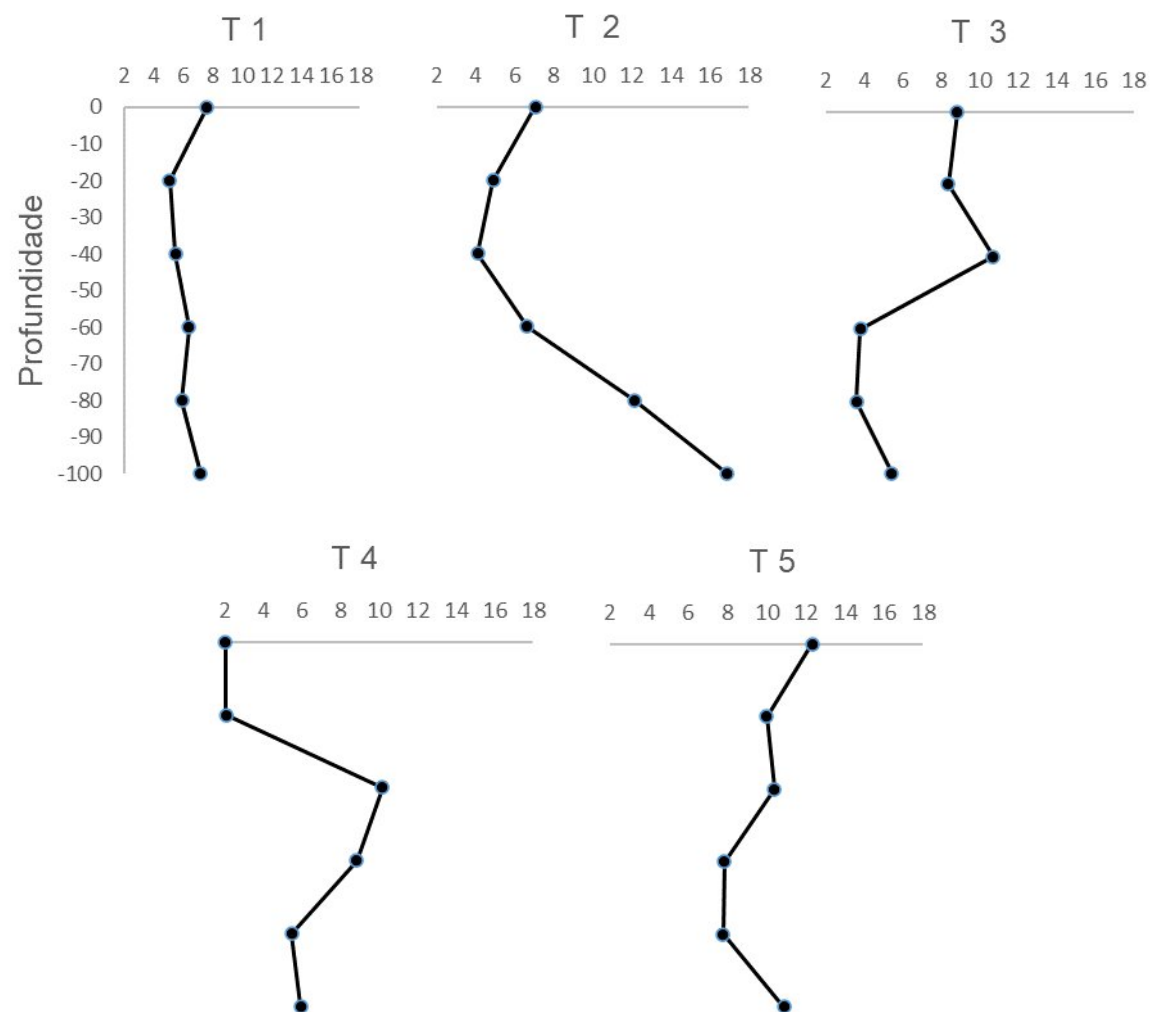
Figura 16 – Concentrações de Zinco (mg/kg) nos testemunhos das Lagoas Salgadas e Subaé em Feira de Santana/BA.



No que concerne ao comportamento do Níquel no decorrer dos testemunhos (figura 17), observa-se que o T1, T2 e T5 possuem comportamentos semelhantes, mesmo com variações nas concentrações, nos sedimentos superficiais, mas os valores foram reduzindo, com a profundidade, e na camada mais profunda, as concentrações foram próximas a obtida no sedimento superficial. No T3, as concentrações sofreram redução significativa, até a camada mais profunda do sedimento. E o T4, inicia com concentrações mais baixas de Ni, estabiliza na primeira camada (20 cm), porém, na seguinte aumenta em mais de 3 vezes (quando comparado com o sedimento superficial), caindo pela metade, na camada de 80 cm, e permanecendo assim na camada mais profunda (100cm).

Essas concentrações de níquel é comum, visto que, é um metal que ocorre raramente na natureza, sendo encontrado em alguns minerais combinado com enxofre, antimônio ou arsênio (PARRA, 2006).

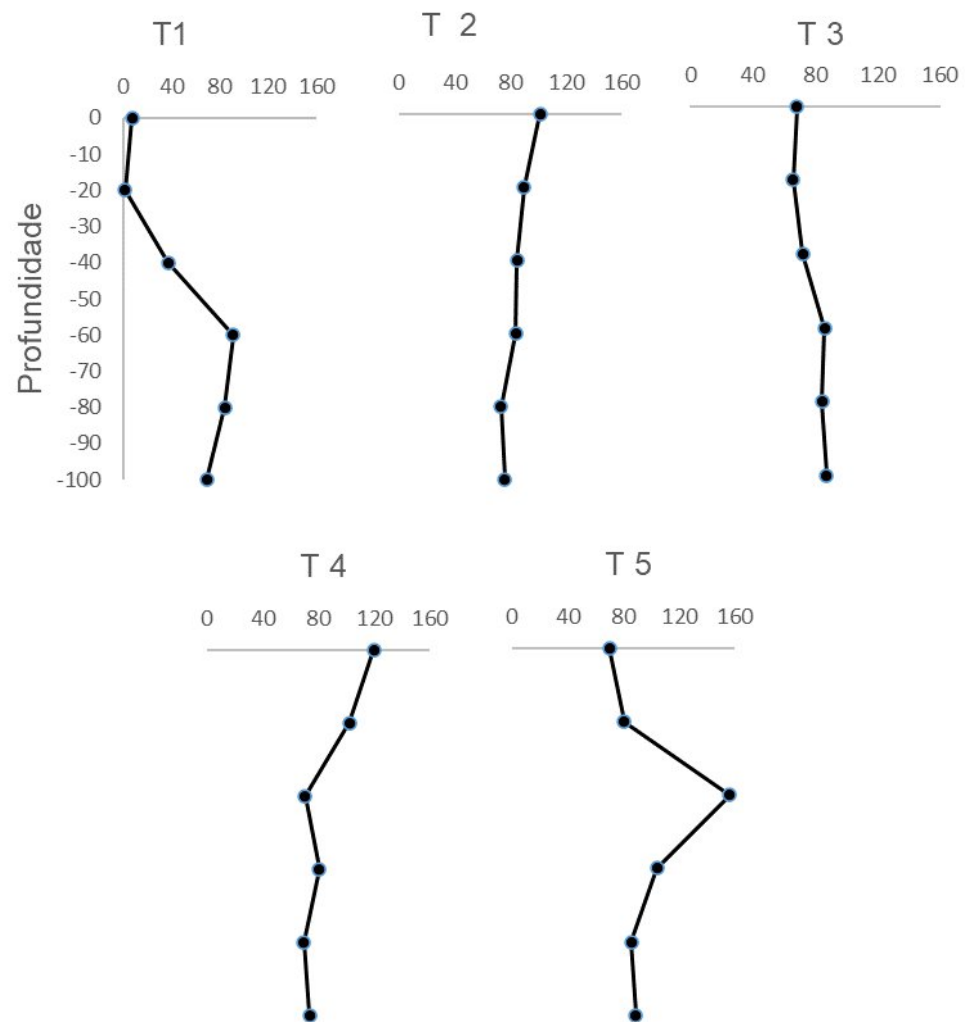
Figura 17 – Concentrações de Níquel (mg/kg) nos testemunhos das Lagoas Salgadas e Subaé em Feira de Santana/BA.



Em relação ao comportamento do chumbo, verifica-se que concentrações mais elevadas são encontradas nas camadas intermediárias e na mais profundas, nos T1, T3 e T5. Em contraste com o T2 e o T4, onde as concentrações da camada superficial foram até 2 vezes mais altas (T4), quando comparados com a camada mais profunda. Essa tendência pode ser também representada pelas imagens da figura 18.

A concentração desse elemento pode estar relacionada a fontes naturais, uma vez que o chumbo não apresentou correlação com as granulometrias finas.

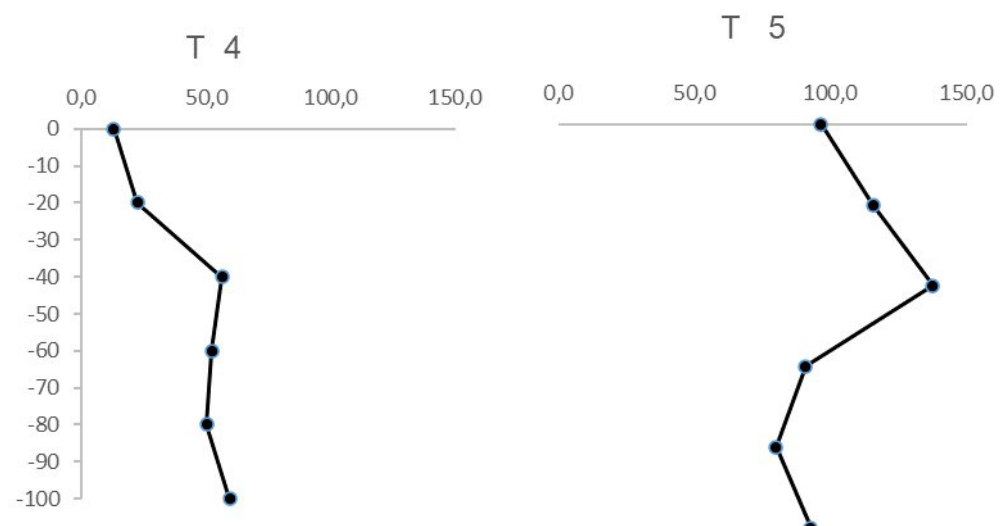
Figura 18 – Concentrações de Chumbo (mg/kg) nos testemunhos das Lagoas Salgadas e Subaé em Feira de Santana/BA.



O cromo só foi detectado nos testemunhos 4 e 5, com diferente distribuição vertical (Figura 19). Destaca-se as concentrações de Cr encontradas nos sedimentos superficiais, onde o T5 apresentou cerca de 6 vezes mais Cr, que o sedimento superficial do T4 . Mais uma vez, é necessário lembrar que esse é o ponto mais próximo do Centro Industrial do Subaé, zona industrial em ampla expansão desde 1970. Em ambos os testemunhos, as camadas intermediárias (40 a 60 cm) apresentaram um acréscimo nas concentrações de Cr, chegando até detectar 130 mg Kg, no T5. Porém, no T4 as concentrações na camada mais profunda se mantiveram mais altas, quando comparadas com as concentrações superficiais, já no T5, as concentrações de Cr se aproximaram dos valores encontrados nos sedimentos superficiais.

O cromo não é encontrado livre na natureza (Parra, 2006), sua concentração pode estar relacionado ao centro industrial localizado próximo da Lagoa Subaé, como retratado anteriormente.

Figura 19 – Concentrações de Cromo (mg/kg) nos testemunhos das Lagoas Salgadas e Subaé em Feira de Santana/BA.



Essas oscilações de valores no decorrer das profundidades dos sedimentos podem estar relacionadas ao revolvimento desse material, ocasionado principalmente pelas atividades que ocorrem nas lagoas salgada e subaé, como as industriais, de mineração, construções de rodovias e de residências (MIZAEL, 2019; NORONHA et al., 2011; YUAN et al., 2003).

Comparando os resultados desse trabalho com os encontrados por Mizael (2019) ao estudar os Reservatórios do Estado de São Paulo, (no que concerne o histórico de acumulação de metais nos sedimentos), observa-se que alguns elementos tiveram seus valores acrescidos com o passar do tempo, justificando que esses aumentos estiveram provavelmente associados às atividades antrópicas.

O presente estudo obteve resultados muito próximos com o de áreas pouco impactadas como o Lago Bafa na Turquia (Algül e Beyhan, 2020), Rio Conceição em Minas Gerais (Parra, 2006), Represas de Viçosa, MG (SOARES, 2006). Foi realizada também uma comparação com áreas influenciadas pelas atividades antropogênicas e as concentrações de Cd, Zn, Mn, Ni estão abaixo das amostras encontradas nas Lagoas do rio Otamiri em Owerri, Nigéria (Ogbuagu e Samuel, 2014) e o Córrego Monte Alegre e afluentes em Ribeirão Preto, SP (ALVES, et al, 2010).

5.4 CORRELAÇÃO DE PEARSON

A correlação de Pearson está demonstrada na tabela 4 e 5, onde a 4 representa a camada mais superficial e a 5 a mais profunda.

Os resultados demonstraram que não são em sua totalidade estatisticamente significativos logo, os resultados das correlações não foram expressivos. Para o P valor foi utilizada a classificação de Santos (2007), onde demonstra uma relação significativa e positiva ($>0,8$), sugerindo uma semelhança no comportamento dos elementos.

Cd e Cr não foram incluídos como variáveis na análise estatística porque seus valores foram $< LOQ$ na maior parte das amostras.

No que se refere a tabela 7, o Fe teve uma correlação positiva significativa com Mn. Esses resultados podem ser comparados com o de Soares (2006), ao analisar a interação no ambiente de duas represas do

Município de Viçosa – MG, discorre que a elevada concentração de Fe e Mn no sedimento possivelmente contribuiu para a ausência de Cd neste meio, devido a competição pelos sítios de adsorção, podendo servir como um dos parâmetros para justificar a ausência de Cd nas duas lagoas.

A tabela mostra uma correlação moderada significativa entre as frações granulométricas argila e silte com o Ni, podendo ser comparado com o de Parra (2006) onde, em seu estudo evidencia que a presença do Ni está relacionada a atividades mineradoras, o que justifica na presente pesquisa a sua correlação com a granulometria, com destaque para a argila.

Já a tabela 8 mostra uma correlação positiva apenas entre o Mg e a areia.

As duas tabelas mostram também uma afinidade entre as partículas granulométricas mais finas (silte e argila), ocorrência normal, uma vez que, possuem maior capacidade de adsorção (SALAZAR et al., 2003).

A análise das tabelas demonstram que as camadas superficiais e mais profundas apresentam correlações diferentes, podendo inferir que as ações de influências mudaram no decorrer dos anos.

Embora trabalhos como o de Parra (2006); Soares (2006); Santos (2021); Melo et al., (2014) mostrem graus de afinidade entre os metais, a correlação realizada nesse estudo não foi positiva, podendo sugerir que outros elementos não analisados podem estar estabelecendo uma influência maior.

Tabela 4: Correlação de Pearson entre as concentrações dos metais na camada mais superficial (20cm), bem como suas relações com os resultados da granulometria

	Fe	Mn	Pb	Ni	Mg	Zn	Argila	Silte	Areia
Fe									
Mn	0,89302								
Pb	0,28086	0,069612							
Ni	0,50787	0,34431	-0,38783						
Mg	-0,68319	-0,55507	0,24918	-0,60111					
Zn	0,48322	0,55339	0,68	-0,21494	0,2874				
Argila	0,24478	-0,03322	-0,21837	0,89842	-0,32868	-0,28257		0,014338	0,038374
Silte	-0,05739	-0,30152	-0,38987	0,78862	-0,20587	-0,52438	0,94747		0,041462
Areia	-0,22802	-0,07953	0,58661	-0,94567	0,53432	0,50151	-0,89823	-0,89278	

* nível de significância < 0,05

Tabela 5: Correlação de Pearson entre as concentrações dos metais na camada mais profunda (120cm), bem como suas relações

com os resultados da granulometria

	Fe	Mn	Pb	Ni	Mg	Zn	Argila	Silte	Areia
Fe									
Mn	0,15055								
Pb	0,36065	0,59186							
Ni	-0,65066	-0,35494	0,011207						
Mg	0,38272	-0,58344	-0,21883	-0,411					
Zn	-0,23349	-0,44475	-0,13688	-0,04708	0,73714				
Argila	-0,51671	0,50577	0,60398	0,48393	-0,56377	0,043287			
Silte	-0,75761	0,3583	0,31904	0,55687	-0,55461	0,14038	0,94747		
Areia	0,55703	-0,6824	-0,41346	-0,36841	0,8195	0,26516	-0,89823	-0,89278	

* nível de significância < 0,05

5.5 ANÁLISE DE CLUSTER

A partir dos resultados obtidos na análise de cluster (figura 20), pode-se concluir que o Fe e Zn apresentam similaridade nos testemunhos 1 e 2, o que justifica pelo fato de estarem no mesmo ambiente e serem próximos. Os testemunhos 3 e 4 também se relacionam nos resultados de cluster, mesmo estando em ambientes diferentes, o 3 pertencente a lagoa Salgada e o 4 a lagoa Subaé, eles compartilham das mesmas características físicas, ou seja, estão localizados próximos de áreas residenciais, o que justifica a relação e compartilhamento dos mesmos níveis de metais. Já o testemunho 5 apresentou um distanciamento em relação aos demais e características que justificam uma maior concentração de metais nessa área, podendo ser justificado por estar mais próximo de áreas industriais. Vale destacar portanto, que esse testemunho estabelece relação com os demais.

No que se refere ao Mn, os testemunhos 3 e 4 apresentam valores mais semelhantes, podendo ser justificado pelo fato desse elemento ser presente em áreas residenciais, enquanto os outros mantem um distanciamento, sendo o 2 mais significativo, porém todos estabelecem uma relação entre si.

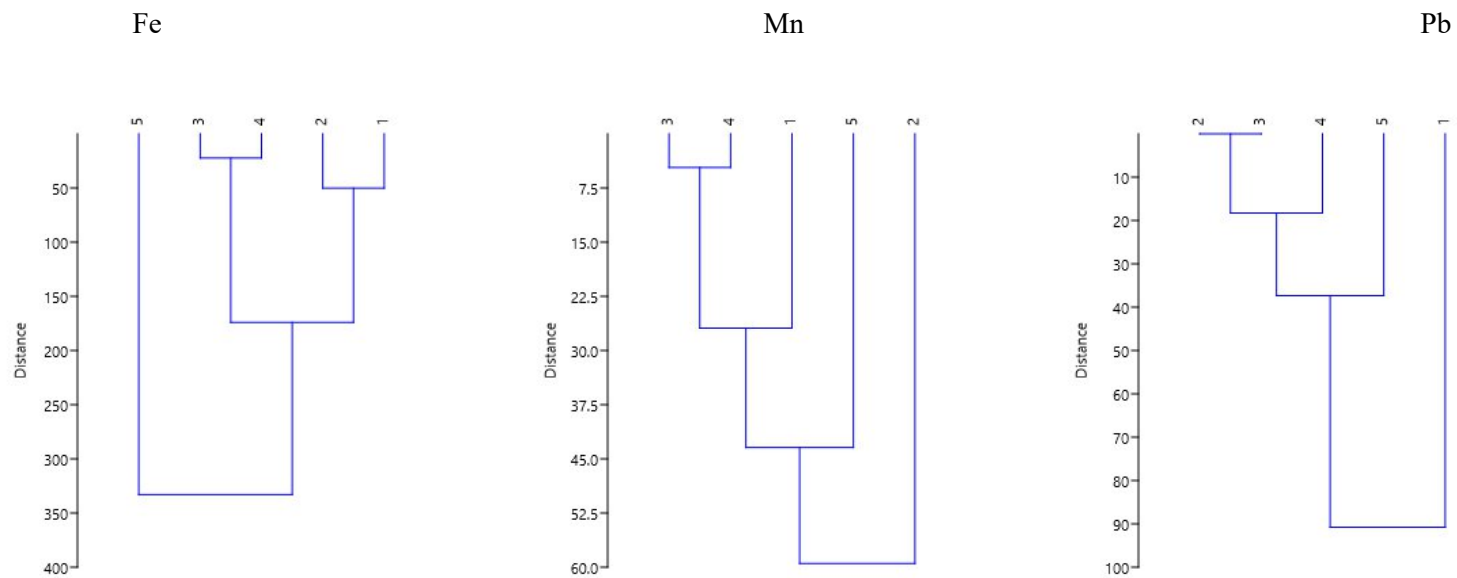
O Pb apresenta similaridade entre os testemunhos 2 e 3, ambos que recebem influência direta das olarias, e um distanciamento maior em relação ao testemunho 1, sendo esse o de maior concentração do metal.

Em relação ao Ni, os testemunhos 1 e 2 se assemelham e se aproxima do testemunho 3, enquanto o 4 e 5 apresentam resultados mais discrepantes, mostrando que esse elemento é o que mais representa similaridades de cada ambiente.

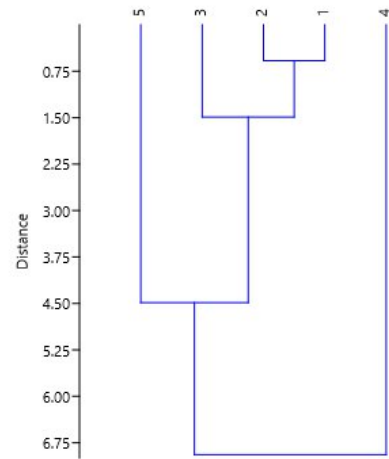
O Mg tem maior semelhança entre os testemunhos 1 e 2 e um maior distanciamento entre o 5.

Pode-se concluir portanto, que os testemunhos estabelecem uma relação entre si, sendo alguns mais próximos que outros, demonstrando que as lagoas estudadas apresentam uma conexão entre elas.

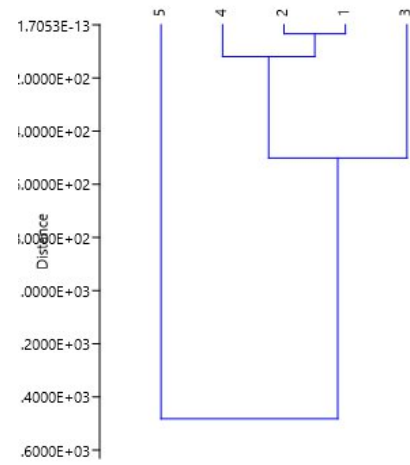
Figura 20 – Concentrações totais de cada metal nos cinco testemunhos de coletas e análise de cluster



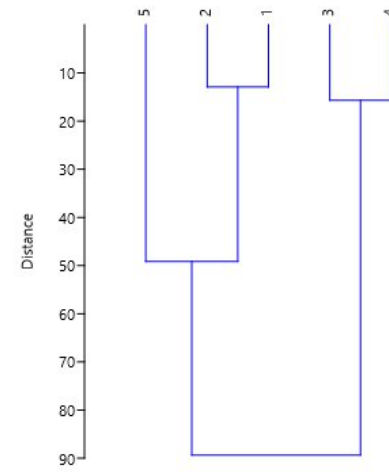
Ni



Mg



Zn



5.6 ÍNDICE DE GEOACUMULAÇÃO (IGEO)

Este índice permite classificar os níveis de enriquecimento dos metais em sete classes distintas, que variam de 0 a 6 e estão relacionadas com o grau crescente de contaminação (Tabela 6).

Tabela 6 – Índice de Geoacumulação (Igeo) de metais pesados (modif. Müller & Wedepohl 1979)

Intensidade de poluição	Acúmulo no sedimento (Igeo)	Classe Igeo
Extremamente poluído	>5	6
Fortemente a extremamente poluído	4 – 5	5
Fortemente poluído	3 – 4	4
Moderadamente a fortemente poluído	2 – 3	3
Moderadamente poluído	1 – 2	2
Não poluído a moderadamente poluído	0 – 1	1
Praticamente não poluído	0	0

O resultado do igeo (Tabela 7) possibilitou verificar que os metais analisados (Mn, Pb, Ni, Zn) tiveram resultados negativos, não representando nesse sentido, contaminação na área de estudo. Embora nesses ambientes existam metais que podem ser prejudiciais, seus índices de geoacumulação não refletem um efeito significativo para o meio.

Fe e Mg apresentaram um teor muito elevado, porém esse resultado estar relacionado ao enriquecimento natural desses metais no ambiente.

Tabela 7: Índices de geoacumulação para elementos selecionados (por local) em sedimentos da Lagoa Salgada e Subaé

	Fe	Mn	Pb	Ni	Mg	Zn
1,1	8,7047	-4,0749	-4,9097	-4,1423	-2,9934	-2,8835
1,2	8,70934	-3,7942	-7,1022	-4,7303	-2,9432	-2,5933
1,3	8,73739	-2,7003	-2,6005	-4,6196	-2,7609	-2,2353
1,4	8,73133	-2,7919	-1,3041	-4,3989	-2,7696	-2,0259
1,5	8,73797	-2,9054	-1,4134	-4,5111	-2,8372	-2,0626
1,6	8,73006	-3,8357	-1,7032	-4,2285	-3,2111	-2,0431
2,1	8,7286	-4,6488	-1,1485	-4,2563	-2,9438	-2,6431
2,2	8,71294	-4,7445	-1,3191	-4,7833	-3,246	-2,5919
2,3	8,72536	-4,6303	-1,4053	-5,0361	-2,9275	-2,2475
2,4	8,71154	-4,8587	-1,4237	-4,3474	-2,7738	-1,9629
2,5	8,66187	-5,018	-1,6184	-3,4774	-3,1282	-2,2034
2,6	8,70558	-5,3089	-1,56	-3,0024	-2,8322	-1,8564
3,1	8,80233	-3,7381	-1,7155	-3,9317	-1,0707	-1,4575
3,2	8,78799	-4,2046	-1,7719	-4,0106	-2,057	-2,0067
3,3	8,80641	-4,1741	-1,643	-3,6564	-2,9179	-2,0882
3,4	8,82116	-3,9971	-1,3843	-5,1445	-2,7761	-1,8643
3,5	8,82462	-3,666	-1,4136	-5,2291	-2,4667	-1,7278
3,6	8,82523	-3,7319	-1,3668	-4,6319	-2,6219	-1,7513
4,1	8,79224	-3,682	-0,9097	-6,0552	-0,3797	-1,581
4,2	8,80014	-3,6322	-1,1378	-6,0308	-1,1503	-1,4734
4,3	8,84755	-4,2601	-1,6715	-3,7298	-3,3183	-2,1435
4,4	8,84402	-4,5198	-1,4751	-3,9317	-3,42	-2,3512
4,5	8,91137	-4,7213	-1,6909	-4,628	-2,5945	-2,3095
4,6	8,8831	-4,9115	-1,6054	-4,5071	-3,4272	-2,0565
5,1	8,90401	-3,3465	-1,6795	-3,4516	-0,7252	-2,0506
5,2	8,90391	-3,1518	-1,4788	-3,7513	-0,9805	-2,1285
5,3	8,85373	-2,8098	-0,5267	-3,6952	-0,9994	-1,3715
5,4	8,84431	-3,5254	-1,111	-4,1009	-4,096	-2,6795
5,5	8,78044	-3,077	-1,3873	-4,1118	-4,218	-2,1734
5,6	8,82042	-3,406	-1,337	-3,6299	-4,508	-2,4225

6. CONCLUSÃO

O presente estudo avaliou a concentração e o comportamento dos metais (Fe, Mg, Cd, Zn, Cr, Mn, Pb, Ni), em cinco testemunhos de sedimentos das lagoas Subaé e Salgada da cidade de Feira de Santana – Bahia – Brasil.

A análise geoquímica dos metais estudados permitiu concluir que os sedimentos da lagoa salgada só apresentaram alterações tendo como base a legislação do Conama, diante do chumbo, e os da lagoa subaé em presença do cromo e do chumbo. A presença desses elementos nos sedimentos podem estar relacionadas as atividades industriais e de mineração que são praticadas nesses ambientes.

No que se refere ao comportamento geoquímico dos metais no decorrer da profundidade nos cinco testemunhos, eles apresentam comportamentos diferentes, como se fossem representativos de vários ambientes, bem como, as camadas superficiais, intermediárias e mais profundas não respeitam um padrão, podendo ser representativo de um ambiente que está em constante revolvimento, devido a transformação constante no ambiente, ocasionada pelas atividades que são desenvolvidas nos locais.

A granulometria predominante nas Lagoas Salgada e Subaé, correspondem a categoria areia siltica e silte arenoso. Essa variação em uma pequena área com testemunhos de coleta próximos entre si pode ser explicada pela hidrodinâmica da lagoa ou pelos impactos ambientais na área de estudo, como, retirada da vegetação original, de sedimentos para uso em olarias, nas construções civis e aterramento das lagoas para construção residencial e industrial.

A correlação não foi significativa na maioria dos elementos estudados, apresentando relevância apenas entre Fe e Mn, elementos que apresentam afinidades.

A análise de cluster permitiu concluir que os testemunhos 1 e 2 apresentam similaridade, o que justifica pelo fato de estarem no mesmo ambiente e serem próximos. Os testemunhos 3 e 4 também se relacionam, mesmo estando em lagoas diferentes, podendo ser justificado por estarem localizados próximos de áreas residenciais. Já o testemunho 5 apresentou um distanciamento em relação aos demais, se justificando por estar mais próximo de áreas industriais, porém, esse testemunho estabelece relação com todos os outros.

Em relação ao índice de geoacumulação, os metais analisados tiveram resultados negativos, não representando de acordo com essa análise, contaminação na área de estudo.

Pode-se inferir portanto, a partir de todas as análises geoquímicas feitas nesse estudo, que os ambientes das lagoas salgada e subaé não apresentam alterações significativas ao longo do histórico de ocupação e os sedimentos dos corpos hídricos não estão impactados significativamente por potenciais contaminantes. Porém medidas de prevenção precisam ser tomadas para evitar um futuro problema, uma vez que, alguns metais como chumbo e cromo, já

começam a indicar a necessidade de um olhar mais aguçado para essas lagoas, sugerindo portanto, o incremento de ações para regressão das atividades antrópicas, a fim de preservar o corpo aquático e o ecossistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALGUL. F. BEYHAN. M. Concentrations and sources of heavy metals in shallow sediments in Lake Bafa, Turkey. **Scientific Reports**. v. 10, n. 1, july. 2020.
- ALVES. R. I. S. et al. Avaliação das concentrações de metais pesados em águas superficiais e sedimentos do Córrego Monte Alegre e afluentes, Ribeirão Preto, SP, Brasil. **Ambi-Agua**. v. 5, n. 3, p. 122-132, 2010.
- AMORIM. C. R. Impactos ambientais e sustentabilidade da atividade oleira no distrito de Maragogipinho, município de Aratuípe, Bahia. Monografia – UFRB. 2016.
- ARAUJO. N. B. Memórias (quase) póstumas da lagoa do Subaé, Feira de Santana-Bahia (1960-2017). Dissertação de mestrado. PPGM/UEFS.2018.
- ASLAM. A. et al. Impact of urbanization on hydrogeochemistry and trace metal distribution on five major ponds in the holy city of Gaya, India. **Groundwater for Sustainable Development** v. 12, n. 100508, 2021.
- AZEVEDO. J. C. R. NOZAKI. J. ANÁLISE DE FLUORESCÊNCIA DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS EXTRAÍDAS DA ÁGUA, SOLO E SEDIMENTO DA LAGOA DOS PATOS – MS. **Quim. Nova**. v. 31, n. 6, p. 1324-1329, 2008.
- BAGGIO. H. HORN. H. A. Contribuições naturais e antropogênicas para a concentração e distribuição de metais pesados em sedimento de corrente no Rio do Formoso, município de Buritizeiro – MG. **GEONOMOS**. v. 16, n. 2, p. 91–98, 2008.
- BEVILACQUA. J. E. Extração seletiva de metais pesados em sedimentos de fundo do Rio Tietê, São Paulo. **Quim. Nova**, v. 32, n. 1, p.26-33, 2009
- BRASIL. Legislação Ambiental Básica, Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000maio. 2008.
- BUENO. S. Minidicionário da língua portuguesa. 2. ed. São Paulo. FTD, 2007.
- CAMPANHA. M.B. et al. Variabilidade espacial e temporal de parâmetros físico-químicos nos rios turvo, preto e grande no Estado de São Paulo, Brasil. **Química Nova**. v. 33, n. 9, p. 1831-1836, 2010.
- CARDOSO, A. G. A. et al. Metal distribution in sediments from the ribeira bay, Rio de Janeiro – Brazil. webv. 2000.
- CHRISTOFOLETTI. S. R. et al. Granulometria por difração a laser e sua relação com a faciologia das rochas argilosas da Formação Corumbataí-SP. **Cerâmica**. 63. p. 303-310. 2017.
- CONAMA, resolução nº 344, 25 de março de 2004, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA; “Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências”; Publicada no Diário Oficial da União nº 87, de 7 de maio de 2004, Seção 1, páginas 56-57.
- CONAMA, resolução nº 357, 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA; “Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de

efluentes, e dá outras providências”; Publicada no Diário Oficial da União nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63. Brasília, DF.

CONAMA, resolução nº 454, 1º de novembro de 2012, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA; “Dispõe sobre os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional”; Publicada no Diário Oficial da União em 08/11/2012, págs. 66-69. Brasília, DF.

CRUZ. M. A. S. et al. Caracterização granulométrica e mineralógica dos sedimentos como suporte para análise de contaminação ambiental em nascentes do rio Subaé, Feira de Santana (BA). **Geochimica Brasiliensis**. v.27, n. 1, p. 49-62, 2013.

CUNHA. H. F. A. et al. Qualidade físico-química e microbiológica de água mineral e padrões da legislação. **Ambiente & Água**. v. 7, n. 3, p. 155-165, 2012.

DEPETRIS. P. J. The parana river under extreme flooding: a hydrological and hydro-geochemical insight. **Interciência**. v.32, n.10, 2007.

ESTEVES. F. A. Fundamentos de limnologia. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: **Interciência**, 1998.

FARIA. M. M. SANCHEZ. B. A. Geochemistry and mineralogy of recent sediments of Guanabara Bay (NE sector) and its major rivers - Rio de Janeiro State – Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. v.73, n. 1, Rio de Janeiro. mar. 2001.

Feira de Santana. **Projeto de lei municipal de meio ambiente de Feira de Santana**. Abril de 2018. Código do Meio Ambiente.

FLECK. L. et al. Análise físico-química da qualidade da água do Rio Alegria localizado no município de Medianeira-PR. **Revista Eletrônica Científica I inovação e Tecnologia**. v. 01, n. 05, p. 65-71, 2012.

FROEHNER. S, MARTINS. R. F. Avaliação da composição química de sedimentos do Rio Barigüi na região metropolitana de Curitiba 2 **Quim. Nova**. v. 31, n. 8, 2008.

GUEDES. J. A. Poluição de rios em áreas urbanas. **Ateliê Geográfico**. v. 5, n. 2, p. 212-226, ago, 2011.

GUERRA. A. T. Novo dicionário geológico-geomorfológico. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1993. 464p.

GUERRA. A. J. T. Geomorfologia ambiental. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

HUANG. Z. et al. Risk assessment of heavy metals in the surface sediment at the drinking water source of the Xiangjiang River in South China. **Environmental Sciences Europe**. v. 32, n. 23, 2020.

HUVI. J. et al. Estratigrafia do delta do Catumbela. Controlos sobre a sedimentação e consequências para a ocupação histórica do litoral de Benguela (SW de Angola). **Estudos do Quaternário**. n. 18. p. 1-14, nov, 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativa da população do município de Feira de Santana na Bahia em 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/feira-de-santana/panorama>. Acesso em: 01 jun. 2021.

LOBÃO, J. S.B. MACHADO, R. A. S. Avaliação multi-temporal, da ocupação das Lagoas urbanas de Feira de Santana-BA, por meio de Sistema de Informação Geográfica. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil. P. 3797 – 3804, abril, 2005.

LOUREIRO, D. et al. Distribuição dos metais pesados em sedimentos da Lagoa Rodrigo de Freitas. **Oecologia Australis**. v. 16, n. 3, p. 353-364, set, 2012.

LIMA, F. S. Bioconcentração de chumbo e micronutrientes em hortaliças cultivadas em solo contaminado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 2, p. 234-241, abr-jun, 2013.

MAIA. P. D. et al. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ELEMENTOS-TRAÇO EM SEDIMENTOS DO LAGO PARANOÁ – DF, BRASIL. **Geochimica Brasiliensis**. v. 20, n. 2, p. 158-174. 2006.

MAGNO. G. A. M. et al. Estudos das concentrações de chumbo detectadas no solo de olarias do distrito de Maragogipinho, município de Aratuípe, Bahia, Brasil. **AIDIS**. v. 13, n. 02, p. 470 – 484, 2020.

MELO. A. et al. Caracterização geoquímica dos sedimentos de fundo e em suspensão dos principais cursos de água na ilha de São Miguel (Açores, Portugal). **Comunicações Geológicas**. v. 101, Especial II, p. 687-691. 2014.

MIZAEL. J. O. S.S. Análise do histórico de impactos antrópicos em reservatórios do Estado de São Paulo com base nos estoques de metais, pigmentos e nutrientes em sedimento. Tese de doutorado. UNESP. 2019.

MONTEIRO. D. R. et al. Variabilidade temporal do volume e caracterização física e química dos sedimentos do açude São José III no Cariri Paraibano. **Revista Verde**. v. 10, n. 3, p. 25-30, jul, 2015.

MOREIRA. R. C. A. BOAVENTURA. G. R. Referência geoquímica regional para a interpretação das concentrações de elementos químicos nos sedimentos da Bacia do Lago Paranoá –DF. **Quim. Nova**. v. 26, n. 6, p. 812-820. 2003.

MORTATTI. J. et al. Distribuição de Metais Pesados nos Sedimentos de Fundo ao Longo da Bacia do Rio Tietê. **Revista do Instituto de Geociências**. v. 10, n. 2, p. 3-11, julho. São Paulo, 2010

MÜLLER, G. Die Schwermetallbelastung der sedimente des Neckars und seiner Nebenflüsse: eine Bestandsaufnahme. *Chemiker-Zeitung*, 105, 156–164. 1981.

NASCIMENTO. I. A. Concentração de metais pesados em sedimentos superficiais no curso do Rio Subaé – Bahia – Brasil. Dissertação de mestrado. PPGM/UEFS. 2013.

NETO, J. S, et al. Alterações na dinâmica do conjunto de lagoas em Feira de Santana –BA, a partir de modificações antrópicas. 2003.

NORONHA. T. J. M. et al. Avaliação das concentrações de metais pesados em sedimentos do Estuário do Rio Timbó, Pernambuco-Brasil. *Arquivos de Ciências do Mar*. v. 44, n. 2, p. 70 – 82, 2011.

OGBUAGU. D. H, SAMUEL. C. B. Accumulation and recovery capacity of heavy metals in sand mine ponds of the Otamiri River in Owerri, Nigeria. **Rev. Ambient. Água**. v.9, n. 1, Taubaté, Jan/Mar, 2014.

OLIVEIRA, A. M. et al. O uso da técnica de sensoriamento remoto para a localização de lagoas no município de Feira de Santana – B A. p. 2939-2946, abril, INPE, 2007.

OLIVEIRA, G. M. T. et al. Concentrações de metais pesados nos sedimentos do lago Água Preta (Pará, Brasil). **Eng Sanit Ambient** |. v. 23, n. 3, maio/jun, 2018.

PARRA. R. R. Análise geoquímica de água e de sedimentos afetados por minerações na Bacia Hidrográfica do Rio Conceição, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais-Brasil. Dissertação de mestrado. UFOP. 2006.

PEREIRA, E. S. et al. Ação antrópica das olarias nas lagoas de Feira de Santana – Ba. 2003.

PEREIRA. S. B. et al. Caracterização química e aspectos geoquímicos relevantes da matéria orgânica de sedimentos em suspensão na foz do rio Amazonas orgânica de sedimentos em suspensão na foz do rio Amazonas. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Ciências Naturais, Belém, v. 1, n. 1, p. 167-179, jan-abr. 2006.

PEREIRA. M. S. Geoquímica e espacialização de metais em sedimentos no Estuário do Rio Serinhaém, Bahia – Brasil. Dissertação de mestrado. PPGM/UEFS. 2016.

POMPÊO. M. et al. Biodisponibilidade de metais no sedimento de um reservatório tropical urbano (reservatório Guarapiranga – São Paulo (SP), Brasil): há toxicidade potencial e heterogeneidade espacial? **Geochimica Brasiliensis**, v. 27, n. 2, p. 104- 119, 2013.

QUINÁIA. S. P. et al. Avaliação da Distribuição de Cr, Pb e Cu em Sedimentos Superficiais. **Revista Ciências Exatas e Naturais**. v.11, n. 1, Jan/Jun, 2009.

RILEY. M. Análise da degradação ambiental e da qualidade da água das lagoas urbanas de Feira de Santana – Ba. Dissertação de mestrado. PPGM/UEFS. 2018.

ROBAINA. L. E. et al. Metais pesados nos sedimentos de Corrente, como indicadores de risco ambiental – Vale do Rio dos Sinos, RS. **Revista do Instituto Geológico**. v.23, n.2, p. 35-47, São Paulo, 2002.

ROCHA. G. S. A degradação das águas superficiais da Cidade de Sobral (CE): os sistemas lacustres da zona urbana. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia, Mestrado Acadêmico em Geografia, Fortaleza, 2013.

ROSS. J, SANCHES. L. (Orgs.). **Geografia do Brasil**. 5. Ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

SALAZAR. L. J. C. et al. Condiciones sedimentológicas de La Laguna La Restinga, Isla de Margarita, Venezuela. **Interciencia**. v. 28, n. 1, 2003.

SANTO. S. M. O desenvolvimento urbano de Feira de Santana (BA). **Sitientibus**. n. 28, p. 9-20, jan/jun, 2003.

_____ A expansão urbana, o estado e as águas em Feira de Santana – Bahia (1940 – 2010). Tese de doutorado em arquitetura e urbanismo. UFBA. 2012.

SANTOS. M. **Por uma Geografia Nova. Da crítica da Geografia a Geografia Crítica**. São Paulo: Edusp, 2002.

SANTOS. I. R. et al. Metais pesados em sedimentos superficiais da Lagoa Mirim, fronteira Brasil – Uruguai. **Geochim.** v. 17, n. 1, p. 37 – 47, 2003.

SANTOS. C. Estatística descritiva – Manual de auto-aprendizagem, Edições Silabo, Lisboa. 2007.

SANTOS. M. V. S. Metais pesados em sedimentos superficiais e material particulado em suspensão no rio Itapicuru-Mirim em Jacobina, Bahia, Brasil . Dissertação de mestrado. (2015)

SANTOS. M. V. S. et al. Evaluation of metal contamination in mangrove ecosystems near oil refining areas using chemometric tools and geochemical indexes. **Marine Pollution Bulletin.** v. 166, 2020.

SARAIVA. V. K. et al. Avaliação da qualidade de sedimentos - estudo de caso: Sub-Bacia do Ribeirão Espírito Santo, afluente do Rio São Francisco. **Quim. Nova.** v. 32, n. 8, p. 1995-2002. 2009.

SILVA. A. F. et. al. Avaliação da implantação de parques urbanos em lagoas de Feira de Santana-Ba como instrumento de preservação ambiental. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia – IFECT. 2018.

SILVA. E. R. A. C. et al. A transformação da natureza e as potencialidades do monitoramento ambiental na Lagoa Urbana Olho d'Água – PE: os desafios da complexa relação entre desenvolvimento urbano e a conservação de ambientes naturais. **Guaju, Matinhos**, v.3, n.2, p. 32-64, jul./dez. 2017.

SILVA. M. R. et al. Distribuição de nutrientes em sedimentos fluviais do rio Itajaí-Açú, Blumenau, SC, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 5, n. 1, p. 102-113, 2010.

SIQUEIRA. G.W. et al. Diagnóstico da qualidade da água do rio Parauapebas (Pará – Brasil). **ACTA Amazônica.** v. 42, n. 3, p. 413-422, 2012.

SIQUEIRA. G. W. APRILE. F. Avaliação de risco ambiental por contaminação metálica e material orgânico em sedimentos da bacia do Rio Aurá, Região Metropolitana de Belém – PA. **ACTA – Amazônica.** v. 43, n. 1, p. 51 – 62, 2013.

SOARES. M. C. C. et al. Análise Geoquímica dos Sedimentos de Fundo do Arroio do Salso, Porto Alegre - RS – Brasil. **Pesquisas em Geociências.** v. 31, n. 1, 2004.

SOARES. C. R. A. Concentração de metais pesados em sedimento, água e macrófitas aquáticas em duas represas do Município de Viçosa, MG. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa. 2006.

SODRZEIESKI. P. A. et al. Physico-chemical variability and heavy metal pollution of surface sediment in a non-channeled section of Dilúvio Stream (Southern Brazil) and the influence of channeled section in sediment pollution. **Ambient. Água.** v.14, n. 1, Taubaté. 2019.

SOUZA. V. L. B. et al. Biodisponibilidade de metais-traço em sedimentos: uma revisão. **Brazilian Journal of Radiation Sciences**, v.3, p.01-13, 2015.

TEIXEIRA. N. M. A. Ocupação Urbana em Área de Proteção Ambiental: O Caso Lagoa da Pindoba em Feira de Santana – BA. Dissertação de Mestrado. PPGM/UEFS. 2010.

TRINDADE. W. M. et al. Concentrações de metais pesados em sedimentos do rio São Francisco entre Três Marias e Pirapora-MG: geoquímica e classificação de risco ambiental. **Geonomos**. v. 20, n. 1, p. 64-75, mai, 2012.

TUNDISI. J. G. et al. Limnologia de águas interiores: impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos. cap 07. Águas doces no Brasil. 2015.

VASCO. A. N. et al. Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na Sub-Bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil. **Ambiente & Água**. v. 6, n. 1, p. 118-130, 2011.

VOWOTOR. M. K. et al. An Assessment of Heavy Metal Pollution in Sediments of a Tropical Lagoon: A Case Study of the Benya Lagoon, Komenda Adina Eguafó Abrem Municipality (KEEA)-Ghana. **Journal of Health & Pollution**. v. 4, n. 6, p. 25-39, mar, 2014.

YUAN. C. et al. Speciation of Heavy Metals in Marine Sediments from the East China Sea by ICP-MS with Sequential Extraction. *Environmental International*, 30: 769-783. 2003.

ZANINI. H. L. et al. Caracterização da água da microbacia do Córrego Rico avaliada pelo índice de qualidade de água e de estado trófico. **Engenharia agrícola**. v. 30, n. 4, p. 732-741, jul./ago. 2010.

ZHANG. W. et al. Pollution and Ecological Risk Evaluation of Heavy Metals in the Soil and Sediment around the HTM Tailings Pond, Northeastern China. **Int. J. Environ. Res**. v. 17, n. 7072, 2020.

ZILLI. F, GAGNETEN. A. M. Efectos de la contaminación por metales pesados sobre la comunidad bentónica de La Cuenca del Arroyo cululú (Río Salado Del Norte, Argentina). **Interscience**. v.30, n.3, Caracas, mar, 2005.