



ENGENHARIA QUÍMICA

JAMILA DA SILVA SILVA

**DETERMINAÇÃO DE ELEMENTOS- TRAÇO E FÓSFORO EM AREA DE
MANGUEZAL EM ITAPEMA-SC**

LAGES, SC

2019

JAMILA DA SILVA SILVA

**DETERMINAÇÃO DE ELEMENTOS- TRAÇO E FÓSFORO EM AREA DE
MANGUEZAL EM ITAPEMA-SC**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Universitário Unifacvest como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Supervisor: Prof. MSc. Rodrigo Vieira

Orientador: Prof. MSc. Aldori Batista dos Anjos

LAGES, SC

2019

JAMILA DA SILVA SILVA

**DETERMINAÇÃO DE ELEMENTOS- TRAÇO E FÓSFORO EM AREA DE
MANGUEZAL EM ITAPEMA-SC**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Centro Universitário Unifacvest
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Química.

Supervisor: Prof. MSc. Rodrigo Vieira

Orientador: Prof. MSc. Aldori Batista dos
Anjos

Lages, ____ de dezembro de 2019. Nota _____

Prof. MSc. Rodrigo Vieira

Prof. MSc. Aldori Batista dos Anjos

LAGES, SC

2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e à minha família pela força que sempre me deram em toda minha caminhada, minha mãe Alexandra da Silva meu padrasto Eriosvaldo Vilas Boas e minha irmã Whany Vitória. Agradeço à todas meus tios e tias tanto de sangue, quanto os que adotaram essa função. Agradeço a minha madrinha Altesir Carvalho por sempre me apoiar nos estudos.

Agradeço a todos meus amigos pelo apoio e suporte nesses cinco anos em Lages. Principalmente os que suportaram nessa reta final do curso. Agradeço a Débora e a Jennifer pela parceria na caminhada da faculdade.

Meus agradecimentos também a cidade de Lages nunca imaginei que morando tão longe de onde nasci pudesse me sentir em casa.

Também gostaria de agradecer ao Centro Universitário Unifacvest neste local pude realizar meu sonho de cursar Engenharia Química. Minha admiração pelo corpo docente deste local de ensino que sempre proporcionou a melhor forma de aprender. Não poderia deixar de citar em específico a professora Maria Benta que sempre tinha soluções para todas as dificuldades e o professor Rodrigo Vieira que foi muito atencioso e prestativo na disciplina de tcc 2.

Gostaria de agradecer a Professora Mari Lucia que me acolheu de braços abertos para que eu fosse sua estagiária no CAV/UEDESC e foi fundamental na minha vida, nunca vou esquecer de todo o seu carinho e atenção. Quero aqui lembrar também de todos os seus orientados que, me auxiliaram durante o estágio em especial a Natielle que me ajudou a realizar as análises.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização do meu sonho, sendo citados aqui ou não, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso teve por objetivo avaliar o teor de elementos-traço e fósforo em solos coletados em mangue que sofreu contaminação por esgoto doméstico no Município de Itapema, SC. A área de estudo é localizada no Município de Itapema, SC que se estende da nascente do Rio Perequê, passando pelo mangue e chegando ao mar. Foram coletados solos de 11 pontos. Os solos foram secos, peneirados e submetido a digestão pelo método USEPA 3050 B. A quantificação dos teores Fósforo (P) e elementos-traço (Ba, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb e Zn) foi realizada por Espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado – ICP-OES. Os teores de P, Ba, Cd, Cu, Cr, Pb, Ni e Mn obtidos na área contaminada com esgoto doméstico foram superiores aos encontrados na nascente do rio Perequê e próximo ao mar. Os teores de P na área contaminado com esgoto doméstico foram muito superiores ao valor de Fósforo (P) para solos considerado alto e Cobre (Cu) e Bário (Ba) ultrapassaram o Valor de Referência Qualitativa VRQ para solos de SC.

Palavras-chave: Elementos- traço, solo, fósforo.

ABSTRACT

This course conclusion paper aimed to evaluate the trace element and phosphorus content in soils collected in mangrove that suffered domestic sewage contamination in Itapema, SC. The study area is located in the city of Itapema, SC, which extends from the Perequê River source, through the mangrove and reaching the sea. Soils of 11 points were collected. The soils were dried, sieved and subjected to digestion by the USEPA 3050 B method. Quantitation of Phosphorus (P) and trace element contents (Ba, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb and Zn) were performed. Inductively coupled plasma optical emission spectrometry - ICP-OES. P, Ba, Cd, Cu, Cr, Pb, Ni and Mn contents obtained in the area contaminated with domestic sewage were higher than those found in the Perequê River source and near the sea. The P contents in the area contaminated with domestic sewage were much higher than the P value for soils considered high and Cu and Ba exceeded the VRQ for SC soils.

Key words: Trace elements, soil, phosphorus.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Foto do laboratório onde foi realizado as análises.....	21
Figura 2. Local e pontos de coleta de solo no Município de Itapema, SC	22
Figura 3. Foto do Rio Perequê publicada no Jornal NSC.	23
Figura 4. Fotos dos Blocos digestor.	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Lista de valores orientados (VO) para solos de substâncias inorgânicas da CONAMA 420/2009.....	19
Tabela 2 - Valores de referência para teores de Ba, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn para solos catarinenses.....	20
Tabela 3 - Pontos de coleta.....	22
Tabela 4 - Teores médios de P, Ba, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb e Zn para solo coletado em 11 pontos localizados a margem dos Rios Fita e Perequê em Itapema, SC.....	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Ag	Prata
As	Arsénio
ATSDR	<i>Agency for Toxic Substances and Disease Registry</i>
B	Boro
Ba	Bário
Be	Berílio
Cd	Cádmio
Co	Cobalto
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Cr	Cromo
Cu	Cobre
F	Flúor
Fe	Ferro
H ₂ S	Sulfeto de Hidrogênio
Hg	Mercúrio
ICP-OES	Espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado
IUPAC	<i>International Union of Pure and Applied Chemistry</i>
Mn	Manganês
Mo	Molibdênio
Ni	Níquel
P	Fósforo
Pb	Chumbo
pH	Potencial Hidrogeniônico
ppb	partes por bilhão

Se	Selênio
Sn	Estanho
USEPA	<i>United State Environmental Protection Agency</i>
V	Vanádio
VO	valores orientadores
VRQ	Valores de Referência de Qualidade do Solo
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS.....	13
2.1. Objetivo geral	13
2.2. Objetivos específicos	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1. Mague	14
3.2. Metais	16
3.3. Fósforo no Solo	16
3.4. Elementos-traço	16
3.5. Valores de Referência de Qualidade para Elementos-traço	18
4. MATERIAL E METODOS	21
4.1. Análise do Solo.....	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
6. CONCLUSÃO	28
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

1. INTRODUÇÃO

Diversas atividades humanas, principalmente as relacionadas aos avanços da urbanização e da industrialização, e o crescimento populacional das últimas décadas, têm contribuído para o aumento da concentração de elementos-traço nos sistemas solo e água. Tais elementos requerem atenção principalmente pelo fato de apresentarem relevante toxicidade, além da propriedade de se acumular no ambiente, viabilizando seu transporte para os diferentes níveis tróficos da cadeia alimentar (NAGAJYOTI; LEE; SREEKANTH, 2010; MOREIRA, 2014).

Entre os vários ecossistemas terrestres os manguezais vêm sofrendo grandes interferências antrópicas o que vem acarretando danos diversos (AGUIAR NETO et al., 2007), além do incremento de elementos-traço potencialmente tóxicos. Manguezais são regiões próximas ao mar, que recebem tanto água salgada, pela ação das marés, quanto água doce dos rios que ali desembocam. É um ecossistema costeiro, de transição entre os ambientes terrestres e marinhos, característicos de regiões costeiras tropicais e subtropicais estabelecendo-se nas zonas entre marés e sujeito ao regime das marés. (SOARES, 1997; AGUIAR NETO et al., 2007).

Os manguezais possuem grande importância ecológica, evidenciada pelas inúmeras funções e serviços que os mesmos desempenham no ambiente (MOREIRA, 2014). Os manguezais apresentam uma grande importância para o ecossistema marinho. Muitas espécies, típicas do manguezal, apresentam um ciclo de vida anfibiótico, como é o caso de crustáceos e peixes, constituindo um elo básico para a economia pesqueira e biológica das espécies (ALVES, 2001).

Entretanto, nas últimas décadas, tais ecossistemas têm sido diretamente impactados pela atividade humana, entre elas descarte de efluentes industriais e esgotos domésticos (MACHADO et al., 2002; MARCHAND et al., 2006), o que contribui para o acúmulo dos teores de elementos-traço. Neste contexto, este trabalho de conclusão de curso teve por objetivo avaliar o teor de elementos-traço e fósforo em solos coletados em mangue que sofreu contaminação por esgoto doméstico no Município de Itapema, SC.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar teores de Fósforo (P) e elementos-traço (Ba, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb e Zn) em solos coletados em mangue que sofreu contaminação por esgoto doméstico no Município de Itapema, SC.

2.2. Objetivos específicos

- Comparar teores de P e elementos-traço (Ba, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb e Zn) em solos coletados em área com e sem influência da contaminação de esgoto doméstico;
- Comparar teores de elementos-traço (Ba, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb e Zn) com valores orientadores estabelecidos pela resolução CONAMA e com valores de referência de qualidade do Estado de Santa Catarina.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Mangue

Os manguezais são ambientes costeiros dominados por uma vegetação de mangue, com árvores que podem atingir cerca de 20 metros de altura e 100 anos de idade (AGUIAR NETO *et al.*, 2007).

Com uma fitofisionomia bastante característica, o ecossistema do manguezal apresenta uma grande variedade de nichos ecológicos; é uma fauna diversificada em mariscos e caramujos; camarões, caranguejos e siris; peixes e aves residentes e migratórias (ALVES, 2001). Estes organismos utilizam a área do manguezal na busca de alimento, reprodução, crescimento e proteção contra predadores, estes últimos atraídos por uma predominância de indivíduos jovens no ambiente. Neste sentido, vê-se que o manguezal apresenta uma grande importância para o ecossistema marinho.

O ecossistema do manguezal desempenha funções de fundamental importância na dinâmica das áreas estuarinas, pois, funciona como local de sedimentação do material carregado pelos rios. Além disto, o sistema funciona como um protetor das águas costeiras, atenuando as forças das águas no momento da subida da maré (ALVES, 2001).

Os bosques de mangues podem ser classificados de acordo com a localização em ribeirinho (margeando os rios e riachos), ilha (distribuídos em ilhas fluviais) e bacia (encontrado em áreas mais afastadas dos mangues). O solo é formado por uma lama de coloração cinza-escura a preta, rica em sulfeto de hidrogênio (H_2S), o que causa um odor característico de enxofre (ovo podre), principalmente nos manguezais degradados e poluídos (AGUIAR NETO *et al.*, 2007)

Na lama predominam raízes e materiais decompostos, formados por areias de origem marinha carregadas pelo vento e correntes marinhas e restos de galhos, folhas e animais, sendo sua superfície rica em matérias orgânicas, que servem de alimento aos peixes e crustáceos (ALVES, 2001).

Tais áreas desempenham inúmeras funções e serviços no meio ambiente, dentre eles: produção, consumo e distribuição de nutrientes para a zona costeira (MOREIRA, 2014); manutenção da diversidade biológica, estrutural e funcional da costa, além disso, atuação nos ciclos biogeoquímicos dos elementos ferro, manganês, enxofre (FERREIRA, 2002) e carbono; produção e regulação de gases de efeito estufa; suplemento de água

(MEIRELES; CAMPOS, 2010), bem como adsorção e imobilização de substâncias inorgânicas (MOREIRA, 2014).

Esse ecossistema é capaz de propiciar condições de alimentação e proteção para diversas espécies, além de ser fonte de recursos naturais para comunidades pesqueiras que vivem em seu entorno. Apesar de sua importância ecológica e social, os manguezais têm sofrido alterações decorrentes da ação antrópica, inclusive, pelo descarte de materiais tóxicos de indústrias e esgotos domésticos que aportam metais pesados ao ambiente causando contaminação dos solos e da água, podendo trazer riscos à saúde humana (CARREIRA et al., 2001, CARVALHO et al., 2015).

Dentre as principais características dos solos desses ambientes, podem ser citadas: alto teor de matéria orgânica, valores de pH próximos da neutralidade e elevada concentração de sais solúveis (OTERO *et al.*, 2006). Além disso, do ponto de vista geoquímico, os manguezais são ambientes halomórficos (devido à salinidade elevada) e hidromórficos (condição de drenagem impedida) (PRADA-GAMERO; VIDAL-TORRADO; FERREIRA, 2004; ANDRADE, 2010).

Os solos de manguezais são lodosos, possuem elevado teor salino e baixa oxigenação (LEITE, 1994), fatores que influenciam a dinâmica de metais pesados nestes ambientes (CARVALHO et al., 2015).

Os solos de manguezais podem funcionar como filtros geoquímicos de elementos químicos, já que pode haver a precipitação de metais na forma de sulfeto ou coprecipitação com a pirita, além de retenção pela matéria orgânica, compartimentos de maior estabilidade em ambiente redutor, reduzindo a disponibilidade destes contaminantes ao ambiente (LEITE, 1994).

Dentre os contaminantes encontrados nas áreas de manguezais tem-se os metais pesados reconhecidos pelo IUPAC como elementos-traço. Por serem biologicamente não degradáveis e acumularem-se em solos e sedimentos, estes elementos podem trazer riscos ao ecossistema e à saúde humana pela entrada na cadeia trófica. Portanto, conhecer os teores ambientalmente disponíveis de metais pesados nestes ambientes é fundamental para verificar possíveis contaminações, e servir de base para ações de gerenciamento ambiental (CARVALHO et al., 2015).

3.2. Metais

Os metais pesados também são classificados como elementos-traço pois ocorrem em concentrações menores que 1% nas rochas da crosta terrestre. As concentrações de metais pesados derivado do solo são modificadas pelo processo pedogênico e biogeoquímico, por insumos naturais, como partículas de poeira, rochas, cinzas vulcânicas e pelas atividades antrópicas (ALLOWAY, 1990).

Os metais, especialmente elementos-traço estão entre os contaminantes ambientais mais comuns, destacando-se principalmente por serem não degradáveis, permanecendo por longos períodos no ambiente, principalmente nos sedimentos e, portanto, representam ameaça potencial à biodiversidade bem como aos ecossistemas (OLIVEIRA, MARINS 2001).

3.3. Fósforo no Solo

Quando um fertilizante fosfatado de qualquer origem é adicionado ao solo, ocorre uma sequência de eventos físico-químicos que transforma esse fosfato em substâncias complexas, as quais passam a governar a disponibilidade desse nutriente no solo (KAMINSKI; PERUZZO, 1997).

O fósforo (P) nos solos apresenta-se na forma de compostos derivados do ácido ortofosfórico e, menos frequentemente dos pirofosfatos. A principal fonte do elemento são as apatitas, minerais primários comuns em rochas, que o liberam durante os processos do intemperismo e resultam em minerais secundários mais estáveis termodinamicamente ou em compostos orgânicos (SANTOS, 2008)

O P pode estar distribuído na fração líquida (solução) do solo, onde se encontra na forma de íons ou compostos, ou na fração sólida, adsorvido na superfície dos constituintes minerais do solo, como componente da matéria orgânica ou na forma de minerais cristalinos e amorfos (BARBER, 1984)

3.4. Elementos-traço

Alguns elementos-traço ou metais pesados, como Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, Co, Mo e B são essenciais aos seres vivos, e possuem importante papel no metabolismo dos ambientes aquáticos, pois participam de processos fisiológicos, como é o caso da fotossíntese, cadeia

respiratória e fixação de nitrogênio. Por outro lado, Hg, Pb, Cd, Ag, Cr, Ni e Sn, não tem função biológica conhecida, e são quase sempre tóxicos para determinados organismos, mesmo aqueles que têm função biológica conhecida, podendo apresentar toxicidade para os ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 1998).

A expressão metais pesados não necessariamente apresenta a melhor definição para os elementos, podendo também ser referida como "metais traço", "metais tóxicos", "elementos-traços", entre outros (ADRIANO, 2001).

A contaminação do solo com elementos-traço Sb, As, Ba, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Hg, Mo, Ni, Ag, Se, V e Zn tem se tornado foco de estudo por causa do seu efeito tóxico aos seres vivos e em especial à saúde humana. Principalmente para os elementos As, Cd, Pb, Cr e Hg, que foram classificados pela *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* - ATSDR (ATSDR, 2007) juntamente com a USEPA (USEPA, 1998), pelo oitavo ano consecutivo, que se encontram ranqueadas entre as vinte substâncias mais perigosas à saúde humana. O monitoramento de eventuais entradas desses elementos pode garantir a preservação dos serviços ecossistêmicos (ALLOWAY, 1990, CAMPOS et al., 2018).

Nos últimos anos, com o desenvolvimento tecnológico e a industrialização, ocorreram liberações de elementos-traço no ambiente, e esses podem acarretar danos ao ecossistema e a saúde humana. A presença de elementos-traço nos solos está relacionada a fontes naturais ou antropogênicas. O teor natural depende da quantidade destes nas rochas (material de origem), e do grau de intemperismo, outras fontes naturais são às névoas do mar, partículas vulcânicas transportadas pelo vento e os incêndios florestais (NRIAGU, PACYNA, 1988).

Enquanto as fontes antropogênicas estão associadas, principalmente, a atividades de mineração (carvão e jazidas minerais) e industriais, além da geração de efluentes municipais (KABATA PENDIAS, MUKHERJEE, 2007). As cinzas provenientes da queima de carvão e o descarte de produtos comerciais são as principais fontes de contaminação por elementos-traço em solos, ao passo que, em ecossistemas aquáticos, as mais importantes incluem os efluentes domésticos (especialmente no caso de As, Cr, Cu, Mn e Ni), a queima de carvão para geração de energia (As, Hg e Se), a fundição de metais não-ferrosos (Cd, Ni, Pb e Se), a fabricação de ferro e aço (Cr, Mo, Sb e Zn), o descarte de lodo de esgoto (As, Mn e Pb) e a deposição atmosférica (Pb e V) (GUILHERME, 2005).

Efluentes domésticos e industriais, substâncias químicas de pesticidas e fungicidas utilizados na agricultura e rejeitos da exploração mineral são grandes fontes de elementos-traço para o sistema aquático (MOISEENKO; KUDRYAVTSEA, 2011).

3.5. Valores de Referência de Qualidade para Elementos-traço

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece Valores de Referência de Qualidade do Solo (VRQ) na Resolução 420/2009. Os VRQ são baseados na avaliação dos teores naturais dos elementos nos solos, sem influência da atividade humana (CONAMA, 2009) e devem ser estabelecidos para cada estado do Brasil. A mesma resolução apresenta valores orientadores (VO) para elementos-traço que foram compilados de estudos ecotoxicológicos realizados fora do Brasil. A Tabela 1 apresenta valores orientadores (VO) do CONAMA e a Tabela 2 apresenta VRQ para alguns elementos-traço para solos do Estado de Santa Catarina.

Tabela 1 – Lista de valores orientados (VO) para solos de substâncias inorgânicas da CONAMA 420/2009.

Substâncias	Solo (mg.kg ⁻¹ de peso seco)			
	Preve nção (VP)	Investigação (VI)		
		Agrícola APMax	Residencial	Industrial
Alumínio	-	-	-	-
Antimônio	2	5	10	25
Arsênio	15	35	55	150
Bário	150	300	500	750
Boro	-	-	-	-
Cádmio	1,3	3	8	20
Chumbo	72	180	300	900
Cobalto	25	35	65	90
Cobre	60	200	400	600
Cromo	75	150	300	400
Ferro	-	-	-	-
Manganês	-	-	-	-
Mercúrio	0,5	12	36	70
Molibdênio	30	50	100	120
Níquel	30	70	100	130
Nitrato (como N)	-	-	-	-
Prata	2	25	50	100
Selênio	5	-	-	-
Vanádio	-	-	-	1.000
Zinco	300	450	1.000	2.000

Fonte: Resolução CONAMA 420/2009 adaptada.

Tabela 2- Valores de referência para teores de Ba, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn para solos catarinenses

Elementos-traço	Teor (mg kg⁻¹)
Ba ⁽¹⁾	106
Cd ⁽¹⁾	0,12
Cr ⁽²⁾	112
Cu ⁽²⁾	111
Ni ⁽²⁾	32
Pb ⁽²⁾	12
Zn ⁽²⁾	61

Valores de referência obtidos nesse estudo a partir de 94 amostras de solos catarinenses

⁽¹⁾(SOUZA, 2015) ⁽²⁾(HUGEN, 2010).

4. MATERIAL E METODOS

As análises dos teores de P e elementos-traço foram realizadas nos Laboratórios de Levantamento e Análise Ambiental e Laboratório de Instrumentos do Centro de Ciências Agroveterinárias, UDESC – Lages (Figura 1).



Figura 1 Foto do laboratório onde foi realizado as análises.
Fonte: Elaborada pela autora,2019.

A área de estudo é localizada no Município de Itapema, SC que se estende da nascente do Rio Perequê, passando pelo mangue e chegando ao mar (Figura 2). Ao todo foram coletados solos de 11 pontos, sendo que, cada ponto representa uma amostra composta por duas sub amostras coletadas com auxílio de uma pá de corte na profundidade de 0 - 10 cm. Os pontos foram nomeados como o apresentado na Tabela 3.

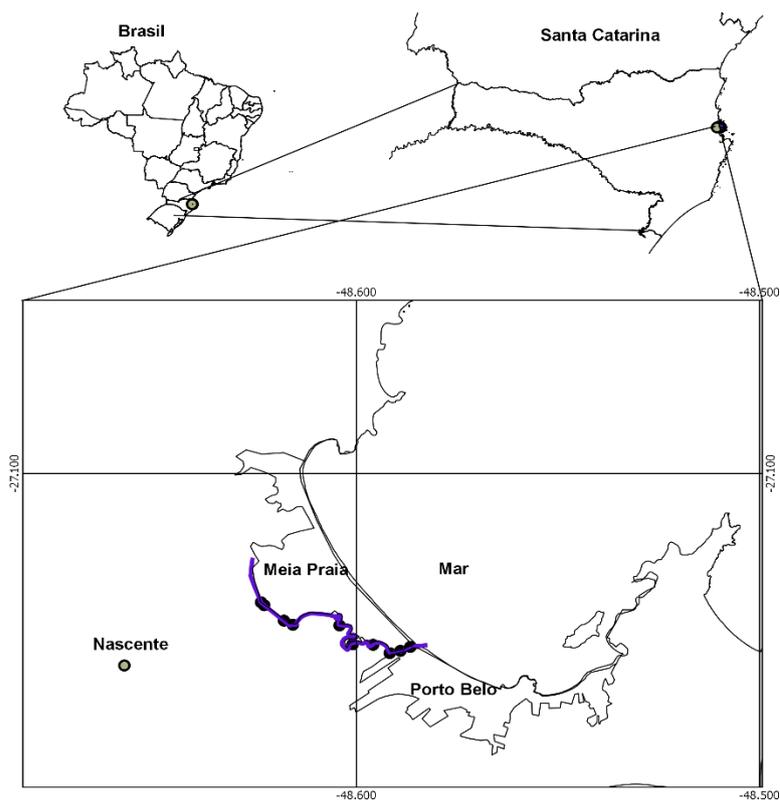


Figura 2. Local e pontos de coleta de solo no Município de Itapema, SC
Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

Tabela 3- Pontos de coleta

Ponto	Nome do Ponto
1	Nascente do Rio Pereque (RP)
2	Rio da Fita (Afluente RP)
3	Rio da Fita (Afluente RP)
4	Rio da Fita a 100 m do ponto 3
5	Encontro do canal (Rio Fita) com o Rio Perequê
6	Ponte
7	Mangue
8	Parque das capivaras
9	Bosque
10	Bosque
11	Mar

Os pontos de coleta foram escolhidos para obter informação de três situações: (1) área a montante da contaminação com esgoto doméstico (ponto 1); (2) área contaminada com esgoto doméstico (pontos 2 ao 9) (Figura 3); e (3) área a jusante da contaminação

com esgoto doméstico (pontos 10 e 11). Os pontos encontram-se a margem do rio da Fita e rio Perequê.



Figura 3. Foto do Rio Perequê publicada no Jornal NSC com o título “Prefeitura de Itapema localiza saída de esgoto bruto de dentro da estação de tratamento”.

Fonte: NSC TOTAL, 2019.

4.1. Análise do Solo

As amostras do solo foram secas a uma estufa a 60°C durante 24 horas, posteriormente o solo foi destorroado e passado em uma peneira de 2 mm, o solo foi novamente triturado em um grau de ágata e passado em uma segunda peneira com abertura de 0,074 mm. Este procedimento foi usado para melhorar a superfície de contato das amostras de solo, pelo menor diâmetro das partículas. É importante ressaltar que todo o conteúdo do solo foi passado em todas as peneiras.

As amostras foram pesadas e submetidas a digestão ácida em bloco digestor segundo o protocolo do método de digestão USEPA 3050B (figura 4). A quantificação dos teores de P, Ba, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb e Zn foi realizado em Espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) Optima 8000® (Perkin Elmer) (Figura 5).



Figura 4. Fotos dos Blocos digestor,
Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

As amostras consistiam em 19 amostras provenientes da coleta realizada em 11 pontos já citados. Todas as análises foram realizadas em triplicata.



Figura 5. ICP-OES Optima 8000® (Perkin Elmer).
Fonte: PerkinElmer- Copyright, 2011-2012.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores médios de P, Ba, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb e Zn obtidos para a área contaminada por esgoto foram superiores a situação 1 (montante) e situação 3 a Jusante) (tabela 4). Os menores teores encontrados a jusante se devem a influência das mares que contribuíram para retirada do contaminante evitando a sedimentação.

Os teores de P variaram entre 136,5 e 713,9 mg kg⁻¹, entretanto os maiores teores foram obtidos para a área contaminada com esgoto doméstico (situação 3). Teores de P no solo superiores a 60 mg kg⁻¹ são consideradas altas.

A área contaminada apresentou o maior teor de Ba no ponto 7, sendo superior ao VRQ para SC de 106 mg kg⁻¹, entretanto, teor de Ba é inferior ao valor orientador de prevenção (VP) da Resolução CONAMA 420/2009.

O teor de Cu do ponto 5 (tabela 4) foi superior ao VRQ para solos de SC (tabela 2) e ao VP (tabela 1) da resolução 420/2009.

Os teores de Cd foram inferiores ao limite de detecção instrumental de 0,3 mg Kg⁻¹, sendo que, para obtenção dos teores reais se faz necessário o uso de espectrometria de absorção atômica com forno de grafite. Esse instrumento é capaz de quantificar Cd em pequenos teores na ordem de ppb (µg kg⁻¹).

Os teores de Cr, Ni, Pb e Zn obtidos encontram-se abaixo dos VRQ e VO da resolução supracitada.

Tabela 4- Teores médios de P, Ba, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb e Zn para solo coletado em 11 pontos localizados a margem dos Rios Fita e Perequê em Itapema, SC

Pontos	Situação	Cu	P	Cr	Zn	Pb	Ba	Ni	Cd
mg kg ⁻¹									
1	1	7,6	136,5	22,7	6,6	8,1	21,7	11,9	< 0,3
2		21,9	331,1	54,8	31,1	9,6	99,0	24,6	< 0,3
3		34,1	713,9	37,1	34,5	16,9	34,7	19,2	< 0,3
4	2	15,2	573,9	50,1	54,4	24,7	58,9	25,7	< 0,3
5		190,5	629,2	43,0	41,0	23,0	58,3	22,6	< 0,3
6		18,8	366,9	46,0	24,5	15,6	51,5	21,6	< 0,3
7		28,0	358,8	60,4	32,9	14,1	120,5	25,6	< 0,3
8		13,9	646,8	60,3	34,1	12,0	82,1	23,6	< 0,3
9		11,2	369,3	28,1	17,6	10,1	31,5	12,5	< 0,3
10	3	10,3	197,2	26,1	10,2	6,8	31,6	11,8	< 0,3
11		5,1	237,2	12,2	16,5	13,9	66,7	7,8	< 0,3

Aguiar e Neto (2007) avaliaram os sedimentos e os elementos-traço do Manguezal de Icapuí, CE e observaram que teores de Cu, Zn, Ni, Pb, Cr e V não ultrapassaram a 20 mg kg⁻¹ e teores de Cd de 0,05 mg kg⁻¹.

Barros (2018) avaliou as propriedades físico-químicas e determinou os teores ambientalmente disponíveis de elementos-traço nos sedimentos do mangue existente na foz Complexo Estuarino Lagunar Mundaú Manguaba (CELMM) e do rio Meirim em Alagoas. Foram escolhidos os metais zinco (Zn), cobre (Cu), chumbo (Pb), cádmio (Cd) e crômio (Cr) por estarem ligados aos despejos de esgotos, projetos agropecuários e fontes industriais. Os autores encontraram nos sedimentos teores disponíveis de Zn (CELMM) 6,30 mg/kg e (Meirim) 7,09 mg/kg, Cu (CELMM) 1,04 mg/kg e (Meirim) 0,90 mg/kg, Pb (CELMM) 3,95 mg/kg e (Meirim) 3,92 mg/kg, Cd (CELMM) 0,14 mg/kg e (Meirim) 0,56 mg/kg e Cr (CELMM) 1,46 mg/kg e (Meirim) 1,36 mg/kg (CELMM).

Solos do manguezal situada às margens do rio Timbó, localizado no segundo litoral norte de Pernambuco, abrangendo os municípios de Abreu e Lima, Igarassu e Paulista. Os teores médios de Cu e Pb foram de 4,36 e 7,13 mg kg⁻¹ (CARVALHO, et.al., 2015).

A intensificação das atividades humanas em locais de que deveria haver preservação resulta no aumento da pressão sobre os recursos hídricos, caracterizando índices de poluição e contaminação. Atualmente, a preocupação e o compromisso com a qualidade implicam na preservação e conservação dos recursos naturais na busca da qualidade de vida por meio da proteção do meio físico, químico e biológico.

A toxicidade dos metais está associada ao processo de bioacumulação ou biomagnificação, que é a capacidade dos metais de se acumular nos organismos e aumentar sua concentração, progressivamente ao longo da cadeia alimentar ecológica, podendo chegar ao homem, que, devido ao seu alto nível na cadeia trófica, pode sofrer maiores consequências da contaminação. Assim a toxicidade dos metais tende a se potencializar na cadeia trófica de acordo com o período de meia vida

Segundo Mozeto (2001), contaminantes tóxicos presentes nos sedimentos dos rios, lagos, áreas alagáveis e corpos de água têm potencial de desencadear degradação ambiental continuada, mesmo nos casos em que a coluna d'água não apresente concentrações desses elementos acima das previstas na legislação vigente de qualidade da água, ou seja, estejam dentro de critérios aceitáveis.

6. CONCLUSÃO

Com o objetivo de detectar elementos-traço no mangue localizados no município de Itapema – SC, constatou-se que os teores de P, Ba, Cd, Cu, Cr, Pb, Ni e Mn obtidos na área contaminada com esgoto doméstico foram superiores aos encontrados na nascente do rio Perequê e próximo ao mar. Aparentemente, este ecossistema é tolerante a um enriquecimento de nutrientes, mas quando a carga orgânica é excessiva podem levar a diversos problemas de saúde para a população, os animais podem ser contaminados por bactérias de origem fecais e agentes viróticos, tornando-se vetores de sérias doenças para a população.

Quanto aos resultados de teores de P na área contaminada com esgoto doméstico foram muito superiores ao valor de P para solos considerado alto. A legislação brasileira não considera o P como um poluente, porém diversos estudos demonstram este potencial excessivo de fósforo pode ocasionar problemas como o enriquecimento excessivo da água, sendo assim esses nutrientes estimulam o crescimento de algas e plantas, que prejudicam a utilização da água, o crescimento excessivo de algas pode consumir o oxigênio e causar mortandade de peixes.

Os teores de Cu e Ba ultrapassaram o VRQ para solos de SC.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADRIANO, D. C. **Trace elements in terrestrial environments: biogeochemistry, bioavailability, and risks of metals**. 2nd ed. New York: Springer Verlag, 2001.
- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY – ATSDR. **Toxicological Profile for Arsenic**. U.S. Department of Health and Human Services/Public Health Service/Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta, EUA, 2007.
- AGUIAR NETO, A. B.; FREIRE, G.S.S; GOMES, D. F.; GOUVEIA, S. T. **Distribuição Geoquímica de Metais Pesados em Sedimentos de Manguezais de Icapuí – CE**, 2007.
- ALLOWAY, B.J. **Heavy metals in soils**. Glasgow: Blackie Academic & Professional, 1990.
- ALVES, J.R.P. **Manguezais: educar para proteger** Rio de Janeiro: FEMAR: SEMADS, 2001.
- BARBER S. A (ed.). **Soil nutrient bioavailability: A mechanistic approach**. New York, Wiley, 398 p, 1984.
- BARROS, A.B. **Caracterização Físico-Química e Determinação dos Níveis de Metais Pesados em Solo de Mangue em Alagoas, Brasil**, 2018.
- CAMPOS, M.L.; ANDREOLA, A.; BUENO, D.K.; DANIEL, E.S.; LOPES, H.S.S. **Riscos à Saúde Humana Decorrentes da Contaminação Ambiental por Arsênio, Cádmio, Chumbo e Mercúrio**. In: Hess, S.C Ensaio sobre poluição e doenças no Brasil. 2018.
- CARREIRA, R.; WAGENER, A.L.R.; FILEMAN, T.; READMAN, J.W. **Distribuição de Coprostanol (5 β (H) - Colestan-3 β -OL) em Sedimentos Superficiais da Baía de Guanabara: Indicador da Poluição Recente por Esgotos Domésticos**. Química Nova, 2001.
- CARVALHO, I. B. M.; LUIZ, T. C. S.; SILVA, W. M.; ARAÚJO, P. R. M.; FERREIRA, D. K. M.; NASCIMENTO, D. F. **Teores de metais pesados em solos sob manguezais do Rio Timbó, Pernambuco**. Anais do XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2015.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas, 2009.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição Mineral de Plantas: Princípios e Perspectivas**. 2.ed. Londrina: Planta, 2006.

- ESTEVEZ, F. A.; **Fundamentos de Limnologia**, 2ª ed., Interciência: Rio de Janeiro, 1998.
- FARIAS, Carlos Eugênio Gomes. **Mineração e meio ambiente no Brasil**. Relatório do CGEE/PNUD, v. 76, p. 2, 2002.
- FERREIRA, T. O. **Solos de Mangue do rio Crumahú (Guarujá – SP): Pedologia e Contaminação por Esgoto Doméstico**. 2002. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.
- FERREIRA, T. O.; OTERO, X. L.; SOUZA-JÚNIOR, V. S.; VIDAL-TORRADO, P., MACÍAS, F.; FIRME, L. P. **Spatial patterns of soil attributes and components in a mangrove system in Southeast Brazil (São Paulo)**. Journal of Soils and Sediments, v. 10, n. 6, p. 995-1006. 2010.
- GUILHERME, L.R.G.; MARQUES, J.J.; PIERANGELI, M.A.P.; ZULIANI, D.Q.; CAMPOS, M. L. & MARCHI, G. **Elementos-traço em Solos e Sistemas Aquáticos**. In: TORRADO-VIDAL, P. *et. Al*, Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. v.4. p.345-390, 2005.
- HUGEN, C. **Valores de Referência para Teores de Cr, Cu, Ni, Pb e Zn em Solos do Estado de Santa Catarina**. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo). Lages: UDESC. 70p, 2010.
- KABATA-PENDIAS, A. **Soil-plant Transfer of Trace Elements – an Environmental Issue**. Geoderma. 2004a.
- KABATA-PENDIAS, A.; SADURSKI. **Trace elements and compounds in soil**. In: MERIAN E, ANKE M, IHNAT M, STOEPPPLER M: Elements and their compounds in the environment, Wiley-VCH, Weinheim, 2ª ed., 2004b.
- KABATA-PENDIAS, A; MUKHERJEE, A. B. **Trace Elements from Soil to Human**. Springer-Verlag, Berlin, New York, 2007c.
- KAMINSKI, J.; PERUZZO, G. **Eficácia de fosfatos naturais reativos em sistemas de cultivo**. Santa Maria: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo,. 31p. (Boletim Técnico, 3),1997.
- LEITE, P.F. **As Diferentes Unidades Fitoecológicas da Região Sul do Brasil: Proposta de Classificação**. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1994
- MACHADO, I. C.; MAIO, F. D.; KIRA, C. S.; CARVALHO, M. F. H. **Estudo da ocorrência dos metais pesados Pb, Cd, Hg, Cu e Zn na ostra de mangue *Crassostrea brasiliana* do estuário de Cananéia – SP- Brasil**. Revista do Instituto Adolfo Lutz, v. 61. 2002.

MARCHAND, C.; LALLIER-VERGÈS, E.; BALTZER, F.; ALBÉRIC, P.; COSSA, D.; BAILLIF, P. **Heavy metals distribution in mangrove sediments along the mobile coastline of French Guiana.** *Marine Chemistry*, v. 98. 2006.

MEIRELES, A. J. A.; CAMPOS, A. A. **Componentes Geomorfológicos, Funções e Serviços Ambientais de Complexos Estuarinos no Nordeste do Brasil.** *Revista da ANPEGE*, v.6. 2010.

MOISEENKO, T.I.; KUDRYAVTSEA, L.P. **Trace metal accumulation and fish pathologies in areas affected by mining and metallurgical enterprises in the Kola region, Russia.** *Environmental Pollution*, v. 114, n. 1, 2011.

MOREIRA, C. C. L. **Valores de referência de qualidade para metais pesados em solos de mangue do Estado do Ceará: subsídios para gestão da zona costeira.** Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

MOZETO, Antônio Aparecido. **Critérios de qualidade de sedimentos (CQS) para metais pesados: fundamentos teóricos.** Universidade de São Carlos: UFSC, 2001.

NAGAYOTI, P.C., LEE, K.D., SREEKANTH, T.V.M. (2010): **Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review.** *Environmental Chemistry Letters*, 8: 199-216.

NRIAGU, J.O.; PACYNA, J.M. **Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils with trace metals.** *Nature*, v. 333, 1988.

NSC TOTAL. **Prefeitura de Itapema localiza saída de esgoto bruto de dentro da estação de tratamento.** 2019. Disponível em: <<https://www.nsctotal.com.br/colunistas/dagmara-spautz/prefeitura-de-itapema-localiza-saida-de-esgoto-bruto-de-dentro-da-estacao>>.

OLIVEIRA, R. C.B.; MARINS, R. V. **Dinâmica de metais-traço em solo e ambiente sedimentar estuarino como um fator determinante no aporte desses contaminantes para o ambiente aquático:** Revisão. *Revista Virtual de Química*, v. 3, n. 2, p. 88-102, 2011.

OTERO, J.T. & N.S. Flanagan. **Orchid diversity: beyond deception.** *Trends Ecol. Evol.* 21: 64-5 2006.

PerkinElmer- Copyright Optima ICP-OES Spectrometers by PerkinElmer, Inc, perkinelmer.com/category/inductively-coupled-plasma-icp-oes, 2011-2012.

SANTOS D. R., Gatiboni L. C., Kaminski J. **Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto.** *Ciência Rural*, 38(2): 576-586, 2008.

SOARES, M.L.G. **Estudo da Biomassa Aérea de Manguezais do Sudeste do Brasil – Análise de Modelos**. Tese de Doutorado - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1997.

SOUZA, L. C. **Teores naturais de Arsênio, Bário, Cádmio e Níquel para Solos do Estado de Santa Catarina**. Lages, 2015.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. Microwave assisted Acid digestion of Sediments, Sludges, Soils and Oils – Method 3050 – SW – 846, 1998.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). Method 3051A. Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils. Revision 1 Feb 2007. 30p. Disponível em <<http://www.epa.gov/epawaste/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3051a.pdf>>, 1998.