



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS**



A DINÂMICA FÍSICO-QUÍMICA DE SOLOS DE FLORESTAS DE MANGUE EM SERGIPE, NORDESTE DO BRASIL

KAREN VIVIANE SANTANA DE ANDRADE

2013



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS**



KAREN VIVIANE SANTANA DE ANDRADE

**A DINÂMICA FÍSICO-QUÍMICA DOS SOLOS DE FLORESTAS DE MANGUE DO
ESTADO DE SERGIPE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agroecossistemas, área de concentração em Produção em Agroecossistemas, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

Orientador
Prof. Dr. Francisco Sandro Rodrigues Holanda

**SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL
2013**

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

A553d Andrade, Karen Viviane Santana de
A dinâmica físico-química dos solos de florestas de mangue do Estado de Sergipe / Karen Viviane Santana de Andrade ; orientador Francisco Sandro Rodrigues Holanda. – São Cristóvão, 2013.
53 f. : il.

Dissertação (mestrado em Agroecossistemas) –Universidade Federal de Sergipe, 2013.

1. Mangues florestais 2. Físico-química do solo. 3. Solos - Nutrientes. 4. Solos – metais pesados. I. Holanda, Francisco Sandro Rpdriques, orient. II. Título

CDU: 574.5:631.4

KAREN VIVIANE SANTANA DE ANDRADE

**A DINÂMICA FÍSICO-QUÍMICA DE SOLOS DE FLORESTAS DE MANGUE EM
SERGIPE, NORDESTE DO BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Sergipe, como parte das exigências
do Curso de Mestrado em Agroecossistemas,
área de concentração em Produção em
Agroecossistemas, para obtenção do título de
“Mestre em Ciências”.

APROVADA: em 27 de fevereiro de 2013.


Prof. Dr. Fabrício Jaques Sutili
UFSM

Prof. Dr. Alceu Pedroti
UFS

Prof. Dr. Francisco Sandro Rodrigues Holanda
UFS
(Orientador)

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL

Ao meu filho Miguel, inspiração e motivação de
todas as realizações e conquistas da minha vida
Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus por me amparar nos momentos difíceis, me dar força interior para superar as dificuldades, mostrar os caminhos nas horas incertas e me suprir em todas as minhas necessidades.

Ao meu orientador, Prof. Francisco Sandro Rodrigues Holanda, por acreditar em mim, me mostrando o caminho da ciência, durante esses quase 07 anos de orientação, fazendo parte da minha vida nos momentos bons e ruins e me ajudando nos momentos mais críticos do mestrado. Sua participação foi fundamental para a realização deste trabalho;

Ao meu esposo Mykael, que de forma especial me deu força e coragem, me ajudando sempre que necessário e me apoiando nos momentos de dificuldades. Quero agradecer também ao meu filho Miguel, que me ilumina de maneira especial, e me abençoa com sua paciência e tranquilidade, mamãe te ama;

Aos meus pais, pela dedicação em formar não só a filha mais nova, mas todos os seus filhos. A minha mãe por cumprir este papel magistralmente e pelo amor intenso, me substituindo sempre que precisei. Ao meu pai por ser tão pai em minha vida, pelos pés no chão e pelo carinho sempre;

Ao meu sogro e minha sogra, que tenho como pais e que me deram uma força sem a qual não teria conseguido concluir esta etapa tão importante da minha vida;

Aos meus irmãos. Karla, a irmã mais velha que é exemplo de estudo e força de vontade e Fábio pela força e pelo carinho;

E aos demais componentes da minha família, a qual amo muito, pela base sólida que sempre me deu força para encarar a vida de frente, pelo carinho, paciência e incentivo, em especial Lúcia, Edson, Mariana e Luciana.

Aos amigos que fizeram parte desses momentos sempre me ajudando e incentivando.

A todos os meus companheiros do Laboratório de Erosão e Sedimentação do Baixo São Francisco, pelo trabalho em equipe, em especial Tiago, David, Pedrito, Heide e Igor, por me ajudarem neste trabalho, seja nas coletas ou nas proveitosas discussões sobre os resultados.

A todos os colegas e professores do mestrado em Agroecossistemas desta universidade que fizeram parte dessa minha jornada e me enriqueceram com tantos ensinamentos. Aos Professores Alceu Pedroti e Sutili por aceitarem participar da minha banca e se prestarem a enriquecer este trabalho;

A CAPES pela bolsa concedida e a Petrobrás e a Fundação COPPETEC por financiar esta pesquisa através da verba destinada ao projeto de Sequestro de Carbono em Manguezais.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1. Ecossistema manguezal	3
2.2. Importância dos manguezais	3
2.3. Distribuição geográfica	4
2.3.1. Manguezais no estado de Sergipe	4
2.4. Solos de manguezal	8
2.4.1. Aporte e disponibilidade de nutrientes	9
2.4.2. Fatores que afetam a disponibilidade de nutrientes em solos de manguezais	10
2.4.3. Água intersticial	11
3. ARTIGO 1	13
Resumo	13
Abstract	13
Introdução	14
Metodologia	15
Resultados	17
Discussão	22
Conclusões	26
Referências bibliográficas	26
4. ARTIGO 2	31
Resumo	31
Abstract	31
Introdução	32
Metodologia	33
Resultados	35
Discussão	39
Conclusões	41
Referências bibliográficas	41
5. CONSIDERAÇÕES GERAIS	44
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

LISTA DE FIGURAS

Número	Título	Página
REFERENCIAL TEÓRICO		
FIGURA 1	- Mapa hidrográfico de Sergipe, com destaque para os estuários do estado	5
FIGURA 2	- Estuário da Bacia hidrográfica do rio Sergipe, com ênfase ao rio Poxim.....	6
FIGURA 3	- Estuário da Bacia hidrográfica do rio São Francisco, com ênfase ao rio Parapuca	7
 ARTIGO 1: Caracterização do solo de florestas de mangue: Estuário do rio São Francisco, Nordeste do Brasil		
FIGURA 1	- Localização da área de estudo no rio Parapuca.	15
FIGURA 2	- Diagrama de dispersão entre os valores de matéria orgânica e teores de argila .	18
FIGURA 3	- Valores de pH em campo, em água, em cloreto de cálcio e em SMP nas Estações A e B	19
 ARTIGO 2: Atributos físico-químicos dos solos de manguezais e suas Interações: Um estudo de caso do estuário do Rio Sergipe, Nordeste do Brasil		
FIGURA 1	- Localização das Estações de estudo no estuário do rio Sergipe.....	34
FIGURA 2	- Projeção dos elementos químicos do solo do manguezal do Estuário do rio Sergipe no primeiro plano fatorial.....	38

LISTA DE TABELAS

Número	Título	Página
ARTIGO 1: Caracterização do solo de florestas de mangue: Estuário do rio São Francisco, Nordeste do Brasil		
TABELA 1 - Valores médios de matéria orgânica e frações granulométricas do estuário do rio São Francisco.....		17
TABELA 2 - Valores médios de macronutrientes do solo do manguezal do estuário do rio São Francisco.....		20
TABELA 3 - Valores médios de micronutrientes (mg.dm ⁻³) das Florestas de mangue do estuário do rio São Francisco.....		21
TABELA 4 - Caracterização da água intersticial das Florestas de mangue do estuário do rio São Francisco.....		22
ARTIGO 2: Atributos físico-químicos dos solos de manguezais e suas Interações: Um estudo de caso do estuário do Rio Sergipe, Nordeste do Brasil		
TABELA 1 - Valores médios de matéria orgânica e frações granulométricas do solo do manguezal do Estuário do rio Sergipe.....		35
TABELA 2 - Valores médios de macronutrientes nas amostras de solo do manguezal do Estuário do rio Sergipe		37
TABELA 3 - Valores médios de micronutrientes (mg.dm ⁻³) nas amostras de solo de ambas as estações, do manguezal do Estuário do rio Sergipe.....		39

RESUMO

ANDRADE, Karen Viviane Santana de. **A dinâmica físico-química de solos de florestas de mangue em Sergipe, Nordeste do Brasil.** São Cristóvão: UFS, 2013. 53p. (Dissertação – Mestrado em Agroecossistemas). *

Os manguezais brasileiros têm uma grande importância ecológica, além de serem fundamentais para a sobrevivência das comunidades ribeirinhas, que utilizam dos recursos naturais desse ecossistema para sua alimentação ou geração de renda. No decorrer dos anos diversas ações antrópicas e a própria dinâmica desse ecossistema, tem demandado estudos que possibilitem melhor compreensão das particularidades desse ambiente. O estudo sobre os solos dos manguezais se mostra importante pela forte influência na distribuição e no grau de desenvolvimento de espécies, mantendo uma relação direta com o aporte de sedimentos marinhos e fluviais. O objetivo deste trabalho foi avaliar as características físico-químicas do solo em duas florestas de mangue localizadas nas zonas estuarinas do rio São Francisco e do rio Sergipe. Em cada região estuarina foram selecionados 02 (dois) sítios de coleta de dados, denominados estações, divididas em 03 (três) tipos de floresta (franja, bacia e transição) e coletadas 05 (cinco) amostras compostas de 0,5 kg de solo em cada ponto amostral. Em laboratório, as amostras de solo foram submetidas às análises químicas e físicas, incluindo pH. O solo da região estuarina do rio São Francisco apresentou uma textura arenosa, com elevados valores de matéria orgânica e teores de macro e micronutrientes obedecendo à seguinte ordem de concentração: $Mg^{2+} > Na^{2+} > Ca^{2+} > H^{+} > K^{+} > P^{3-} > Al^{3+}$ e $Fe^{2+} > Zn^{2+} > Cu^{2+} > Mn^{2+}$, respectivamente, com variações entre bosques e estações. Apresentando de maneira geral, elevada fertilidade, principalmente na floresta de bacia, confirmado pelo desenvolvimento da vegetação, observando uma tendência de zoneamento das espécies em relação à fertilidade do solo. A região estuarina do rio Sergipe apresentou uma textura mais siltosa e os teores de nutrientes de macronutrientes obedecendo as seguintes ordens de concentração: $Mg^{2+} > Na^{2+} > Ca^{2+} > H^{+} > K^{+} > P^{3-} > Al^{3+}$ e $Fe^{2+} > Zn^{2+} > Cu^{2+} > Mn^{2+}$. Ambos os estuários apresentam elevada fertilidade e vegetação bem desenvolvida.

Palavras chaves: manguezal, solo, nutrientes e metais pesados.

* Comitê Orientador: Francisco Sandro Rodrigues Holanda - UFS (Orientador)

ABSTRACT

ANDRADE, Karen Viviane Santana de. **The physical and chemistry dynamic soils of mangrove forests in Sergipe, northeastern Brazil.** São Cristóvão: UFS, 2013. 53p. (Dissertation – Master Program in Agroecosystem).*

Brazilian Mangroves have a great ecological importance, and are very important to the survival of coastal communities that use natural resources of this ecosystem for their food and income generation. Over the years various human actions and the dynamics of this ecosystem, has encouraged studies that provide a better understanding of the peculiarities of this environment. The study on the soils of mangroves is important because it shows the strong influence on the distribution and degree of species development, maintaining a direct relationship with the intake of marine and river sediments. The objective of this study was to evaluate the physical and chemical characteristics of the soil in two mangrove forests located in estuarine areas of the São Francisco River and Sergipe. In each estuary were selected two (02) sites for data collection, called stations, divided into three (03) forest types (fringe, basin and transition) and collected five (05) samples consisting of 0.5 kg of soil at each sample point. In the laboratory, soil samples were subjected to chemical and physical analyzes, including pH. The soil of the estuary of the São Francisco had a sandy texture, with high amounts of organic matter and concentration of macro and micronutrients in the following order of concentration: $Mg^{2+} > Na^{2+} > Ca^{2+} > H^{+} > K^{+} > P^{3-} > Al^{3+}$ e $Fe^{2+} > Zn^{2+} > Cu^{2+} > Mn^{2+}$, respectively, with variations between woods and stations. Introducing generally, high fertility, especially in forests basin confirmed by the development of vegetation, noting a trend zoning species in relation to the fertility of the soil. The estuary of the Sergipe River presented a more silty texture and nutrient levels of macronutrients according to the following concentrations: $Mg^{2+} > Na^{2+} > Ca^{2+} > H^{+} > K^{+} > P^{3-} > Al^{3+}$ e $Fe^{2+} > Zn^{2+} > Cu^{2+} > Mn^{2+}$. Both estuaries have high fertility and vegetation well developed.

Keywords: mangrove, soils, nutrients and heavy metals.

* Guidance Committee: Francisco Sandro Rodrigues Holanda – UFS (Orientador).

1. INTRODUÇÃO GERAL

O ecossistema manguezal ocorre em áreas costeiras abrigadas e apresenta condições propícias para alimentação, proteção e reprodução de muitas espécies animais, desempenhando outras funções ecológicas importantes, como eficiente retentor de sedimentos trazidos pelas águas das chuvas e rios, minimizando o assoreamento dos canais de navegação, e atuando como transformador de nutrientes (retidos em excesso pela vegetação) em matéria orgânica, que devido à lenta decomposição do material orgânico e a influência do regime hídrico, contribui significativamente na ciclagem de nutrientes do ambiente costeiro (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995; ZHOU et. al., 2010). Ressalta-se também a sua importância sócioeconômica, pelo benefício direto e indireto na produtividade pesqueira (peixes, camarões, caranguejos e ostras), para populações locais que sobrevivem desses recursos (COELHO JR. e SCHAEFFER- NOVELLI, 2000; VASQUES et al., 2011).

Apesar da grande importância dos manguezais para a sustentabilidade dos ecossistemas costeiros, associado ao fator que os manguezais deveriam ser ambientes preservados, por se enquadrar na legislação vigente, LEI Nº 4.771, como Área de Preservação Permanente - APP (CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO, 1965), este ambiente encontra-se frequentemente ameaçado pela ocupação e exploração desordenada das regiões costeiras, estimando-se uma supressão de aproximadamente um terço das florestas de mangue do mundo, nos últimos 50 anos (ALONGI, 2002).

A localização deste sistema ecológico possibilita que sedimentos carreados por corpos d'água sejam retidos, propiciando o desenvolvimento de espécies vegetais altamente adaptadas. Nos manguezais sergipanos, as plantas arbóreas identificadas são o mangue vermelho (*Rhizophora mangle* L.), o mangue preto (*Avicennia* spp.), o mangue branco (*Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn) e mangue de botão (*Conocarpus erectus*), capazes de colonizarem solos predominantemente lodosos, que apresentam características limitantes ao desenvolvimento de outras espécies (LANDIM e GUIMARÃES, 2006).

Os solos de mangue recebem a denominação de “solos indiscriminados de mangue” (EMBRAPA, 1995), e têm como principais características o elevado teor de sais e matéria orgânica, baixa consistência, condições de anoxia, coloração cinza escuro e textura variando de argilosa a arenosa. Conforme relatado por Sherman et al., (1998) e Reef et al., (2010) as propriedades físico-químicas do solo, associadas a frequência de inundação pelas marés, o pH e a salinidade da água intersticial, bem como a produção de serapilheira e a taxa de decomposição do material orgânico, são fatores que influenciam na zonação e no grau de desenvolvimento das espécies arbóreas.

O aporte de nutrientes no solo dos manguezais pode ser variável com o grau de saturação do sedimento, promovido pelo regime de marés, o qual pode afetar a disponibilidade dos elementos químicos. Em geral, os solos de mangue apresentam significativa concentração de cátions trocáveis ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$), indicando que são solos férteis, devido à decomposição lenta da matéria orgânica, por meio de micro-organismos anaeróbios, responsáveis pela ciclagem de nutrientes no solo, e à falta de receptores de elétrons alternativos ao oxigênio (SCHULZ, 2000).

Os atributos do solo podem expressar as condições de preservação ou degradação dos manguezais, condições estas que estão diretamente relacionadas à distribuição e ao grau de desenvolvimento das espécies vegetais. Desta forma, o entendimento sobre os atributos e a dinâmica do subsistema solo constitui uma importante ferramenta, no que concerne à resposta desse ecossistema às condições ambientais existentes, podendo contribuir para trabalhos futuros de conservação. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características físico-químicas do solo em 02 (duas) florestas de mangue localizadas na zona estuarina do rio São Francisco e do rio Sergipe.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Ecossistema manguezal

Nas zonas costeiras das regiões tropicais e subtropicais do mundo identifica-se uma vegetação peculiar adaptada às condições inóspitas do ambiente. Esta formação florestal possui adaptações para colonizar substrato inconsolidado, pouco oxigenado e com flutuações salinas periódicas (influência da maré). Associada às espécies vegetais observa-se uma fauna diversa e igualmente adaptada ao rigor existente, salientando a contribuição deste ambiente à manutenção da biodiversidade costeira (SOARES, 1997; BELLIGOTTI et al., 2007).

O ecossistema manguezal desenvolve-se em zonas litorâneas associadas a cursos d'água, em áreas encharcadas, salobras e calmas, com influência das marés, porém, não atingidos pela ação direta das ondas. Tornando-se o elo de ligação entre o ambiente marinho, terrestre e de água doce, caracterizando-se por uma constante conquista de novas áreas devido ao acúmulo de grandes massas de sedimentos e detritos trazidos pelos rios e mar (ROSSI e MATOS, 2002).

O desenvolvimento dos manguezais, de acordo com Hogart (1999), depende de requisitos básicos como: a) altas temperaturas (média mensal mínima maior que 20°C, e uma amplitude anual inferior a 5°C); b) costa litorânea livre da ação de ondas e marés violentas; c) aluvião fino, particulado, constituído predominantemente por silte e argila fina, rica em matéria orgânica; d) presença de água salgada.

2.2. Importância dos manguezais

As florestas de mangue estão entre os ecossistemas mais produtivos e biologicamente importantes do mundo, além de fornecer bens e serviços para a sociedade humana. As funções desempenhadas pelos manguezais são retratadas por diversos autores, (COELHO JÚNIOR e SCHAEFER-NOVELLI, 2000; SCHAEFER-NOVELLI et al., 2000; JENNERJAHN e ITTEKKOT, 2002; DIAS, 2006; ALVES e ROSA, 2007; BIRCH et al., 2010; VASQUES et al., 2011), e resumidamente se apresentam em três dimensões:

Ecológica:

(i) fonte de matéria orgânica particulada e dissolvida para as águas costeiras adjacentes; (ii) manutenção da diversidade biológica da região costeira; (iii) atuam como uma zona tampão entre a terra e o mar; (iv) estabilização da zona costeira, evitando a erosão e o assoreamento dos corpos d'água adjacentes; (v) agente controlador de vazão, prevenindo inundações; (vi) absorção e imobilização de produtos químicos, filtro de poluentes e

sedimentos, além de tratamento de efluentes em seus diferentes níveis e (vii) sequestra carbono da atmosfera; (viii) melhorar a qualidade da água e dos solos adjacentes.

Socioeconômica:

(i) subsistência das comunidades costeiras e de ribeirinhos, já que os seus produtos são de extrema importância econômica e social; (ii) fonte de recreação e lazer; (iii) recursos pesqueiros (peixes, crustáceos e moluscos) explorados que são fonte de alimento e renda; (iv) possibilidade da utilização de alguns recursos pesqueiros como artefatos de pesca (isca); (v) propriedades medicinais subprodutos, tais como folhas, cascas, raízes, frutos, propágulos e fauna local; (vi) produz grande quantidade de biomassa, que é amplamente utilizada para energia e construções, apesar de constituir uma prática ilegal; (vii) matéria-prima para produtos artesanais, como conchas e ostras.

2.3. Distribuição geográfica

Os manguezais apresentam uma distribuição global predominantemente tropical, com desenvolvimento entre as latitudes de 30°N e 30°S, relacionado às principais correntes marinhas e às isotermas de 20° C no inverno, porém observa-se a ocorrência de manguezais em condições temperadas, promovida por adaptações de algumas espécies, como nas Bermudas (32°20'N) e Japão (31°22'N), ao sul na Austrália (38°45'S), Nova Zelândia (38°03'S) e leste da costa do Sul da África (38°45'S) (SPALDING et al., 1997; MAIA et al., 2005; FRIESS e WEBB, 2011).

De acordo com o Atlas dos Manguezais, este ecossistema representa 8% de toda a linha de costa do planeta e um quarto da linha de costa da zona tropical, perfazendo um total de 104.552 km². Vale ressaltar, que o Brasil é o segundo país em extensão de área de manguezal (13.000 km²), ficando atrás apenas da Indonésia, que apresenta 42.550km², distribuídos ao longo de seus arquipélagos (SPALDING et al., 1997; KRAUS e FRIES, 2011).

Segundo Quart (2009) as florestas de mangue cobrem cerca de 25% dos litorais tropicais e estão entre os sistemas biologicamente mais diversos e produtivos do mundo. Este sistema ecológico, dominado por espécies vegetais típicas se estende ao longo do litoral brasileiro, desde o extremo Norte (Rio Oiapoque, AP – 04° 20' N) até Laguna, em Santa Catarina (28° 30' S), em extensões de 10.000 a 25.000 km² (FRUEHAUF, 2005).

2.3.1. Manguezais no estado de Sergipe

O Estado de Sergipe com uma extensão de 21.994 km², apresenta uma faixa litorânea de 163 km de linha de praia, pouco recortada, interrompida pelos estuários dos rios São

Francisco, Japarutuba, Sergipe, Vaza-Barris e Piauí/Real (Figura 1), sendo a desembocadura de todos estes rios providas de manguezais.

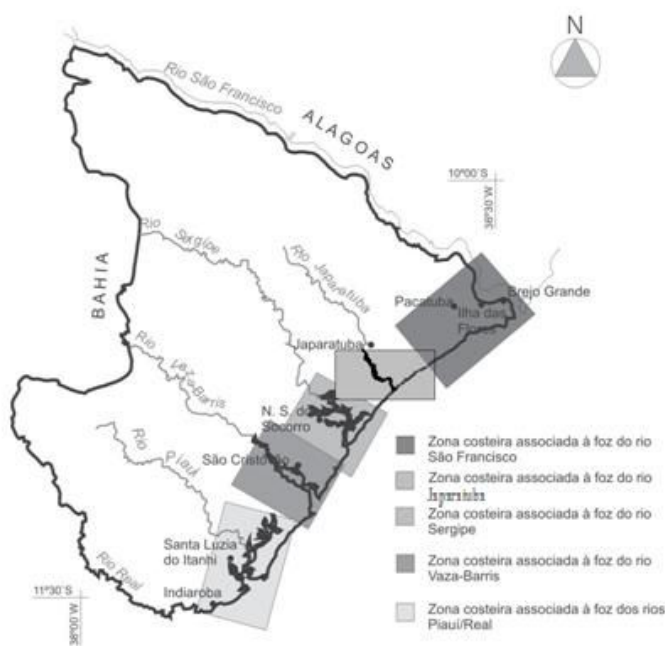


FIGURA 1 - Mapa hidrográfico de Sergipe, com destaque para os estuários do estado

FONTE: Mapa hidrográfico de Sergipe, 1974. Adaptado de Amâncio, 2001

Classificados como Floresta Paludosa Marítima, nos manguezais de Sergipe predomina o bosque do tipo ribeirinho, onde foram identificadas 06 (seis) espécies ao longo das margens estuarinas: a *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans*, *Avicennia schaueriana*, *Conocarpus erectus* e *Acrosticum aureum* (LANDIM e GUIMARÃES, 2006), tendo o grau de desenvolvimento e a abrangência dessa formação vegetal diminuída no sentido contrário a foz, até o desaparecimento. Os bosques de mangue da Bacia Costeira Sergipana também foram estudados pela ADEMA (1984), Souza (1992), Araújo (2009) e Araújo et al. (2011).

Estuário do rio Sergipe

A bacia hidrográfica do rio Sergipe possui uma grande importância para o Estado, por representar 14,9% da área total (SERGIPE, 2004). Esta unidade de planejamento apresenta uma série de sub-bacias hidrográficas, entre as quais se destaca a do rio Poxim (Figura 2).

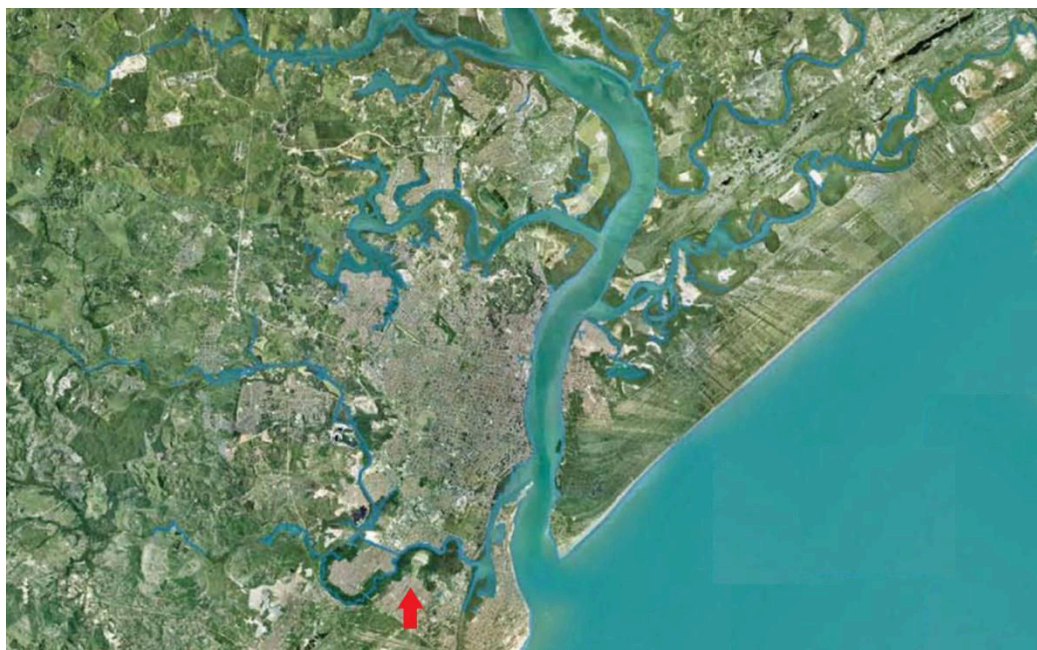


FIGURA 2 - Estuário da Bacia hidrográfica do rio Sergipe, com ênfase ao rio Poxim

FONTE: Secretária do Meio Ambiente e Recursos hídricos - SEMARH (Disponível em: <http://www.semarh.se.gov.br/comitesbacias>)

A sub-bacia hidrográfica do rio Poxim está localizada na porção leste do Estado de Sergipe, abrangendo parte dos municípios de Itaporanga d'Ajuda, Areia Branca, Laranjeiras, Nossa Senhora do Socorro, São Cristóvão e Aracaju, tendo como principais cursos d'água os rios Poxim-Açu, Poxim-Mirim e Pitanga. Possui uma área de 397,95 km², sendo limitada, ao sul, pela bacia hidrográfica do rio Vaza- Barris e, ao norte, pelo rio Sergipe, onde deságua (Figura 3) (GARCIA et al., 2006).

No estuário do rio Sergipe, a ocorrência de manguezais está associada, segundo Souza (1992), a três fatores: 1. Presença da planície flúvio-marinha, de idade geológica relativamente recente (Holoceno); 2. Presença de rios tributários em seu curso inferior em terrenos ligeiramente acima do nível do mar; 3. Ação das marés, que penetram nos seus tributários elevando o nível geral das águas e depositando grandes volumes de matéria orgânica e sedimentos.

Nas imediações da desembocadura do estuário do rio Sergipe domina a espécie *Rhizophora mangle* e em sua porção superior as espécies *Lagunculária racemosa* e *Avicennia germinans* e *shaueriana*. Internamente, nos setores de maior salinidade registra-se a ocorrência do gênero *Avicennia*, e nos aportes de água doce o mangue branco (*Lagunculária racemosa*). Nos canais de maré inundados periodicamente e nas ilhotas localizadas nos rios Sergipe e Pomonga as margens são colonizadas pela vegetação de mangue do gênero *Rhizophora mangle* que se mistura bosque adentro com o gênero *Avicennia*. O mangue de

botão (*Conocarpus erectus*) restringe-se a poucos indivíduos, devido, sobretudo, ao processo de antropização das áreas de apicum (ARAÚJO et al., 2011).

Estuário do rio São Francisco

Conforme relatado por Brasil (2004) a Bacia Hidrográfica do rio São Francisco abrange 639.219 km² de área de drenagem, tendo o rio São Francisco uma extensão de 2.700 km entre a Serra da Canastra, em Minas Gerais, escoando no sentido sul-norte pela Bahia e Pernambuco, quando altera seu curso para este, chegando ao Oceano Atlântico através da divisa entre Alagoas e Sergipe (Figura 3).

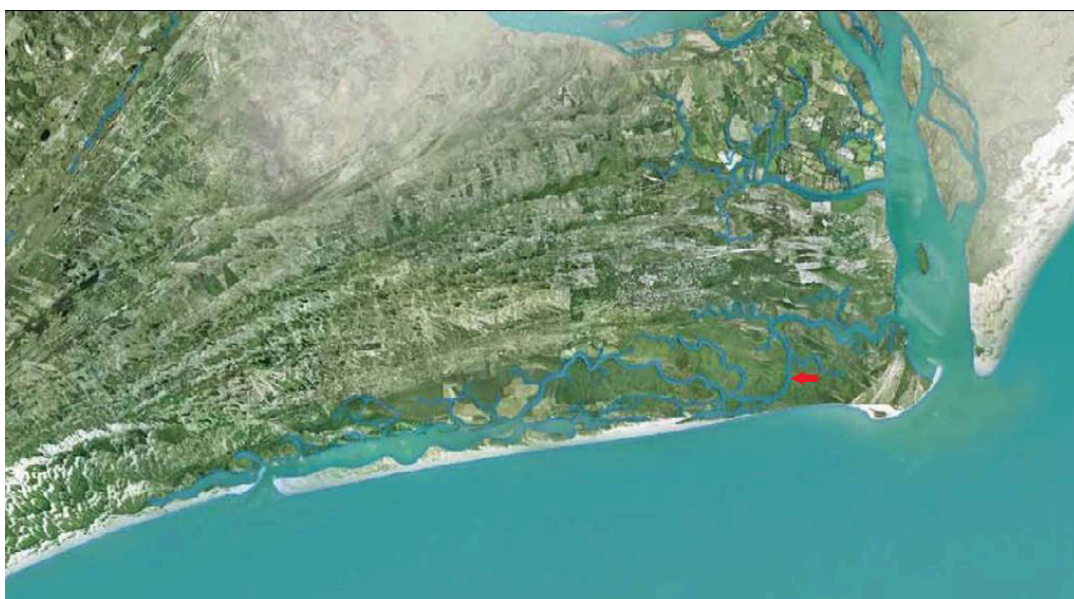


FIGURA 3 - Estuário da Bacia hidrográfica do rio São Francisco, com ênfase ao rio Parapuça

FONTE: Secretária do Meio Ambiente e Recursos hídricos - SEMARH (Disponível em: <http://www.semarh.se.gov.br/comitesbacias>)

Com uma disponibilidade de água de 64,4 bilhões de m³.ano⁻¹, o Rio São Francisco possui uma grande importância no abastecimento e irrigação do país, sendo responsável por 69% das águas superficiais do Nordeste. No entanto, sua importância não se restringe somente à disponibilidade de água, apresentando uma importante contribuição ecológica, para a biodiversidade local, histórica e econômica, para as populações ribeirinhas (PRUSKI et al., 2005).

Os manguezais do estuário do rio São Francisco correspondem a uma planície de inundação resultante de processos de acumulação de sedimentos fluviais e marinhos, cortada pelo rio Parapuça e pequenos canais de maré, que está sob a influência permanente das águas oceânicas (ALVES et al., 2007).

2.4. Solos de manguezal

Os solos dos manguezais são formados por deposição de sedimentos fluviomarinheiros, constituída por material mineral e orgânico, em terrenos baixos e planos, às margens de cursos d'água. (IPT, 1988; CINTRÓN e SCHAEFFER-NOVELLI, 1983). Veloso e Góes Filho (1982) relatam que as áreas de mangue são pedologicamente instáveis, dinâmicas, seja pela constante deposição de areias do mar, seja pelo rejuvenescimento do solo ribeirinho, com deposições aluviais e lacustres.

A formação do solos de manguezal e os diferentes processos pedogenéticos e diagenéticos são abordados por Ferreira et al. (2007) e que salienta a ação conjunta dos dois processos, sendo que a pedogênese predomina nas camadas superficiais e a diagênese gradativamente em profundidade. Entre os processos pedogenéticos predominantes nos manguezais pode-se destacar: os de adição, envolvendo o aporte de material mineral, via transporte aluvial e coluvial e material orgânico, proveniente da vegetação do mangue e da decomposição de raízes; translocação das formas dissolvidas de ferro (Fe) e de material mineral pela ação da fauna do solo; transformação de Fe-férrico em Fe-ferroso (gleização), SO_4^{-2} em sulfetos metálicos (sulfidização) e neo- formação de minerais de argila 2:1; E por último o processo de perdas, associado a ação das ondas e da maré, por erosão e lixiviação.

Fatores topográficos, como elevação, determinam a frequência e duração das inundações das marés, que posteriormente afetam a salinidade, o estado de oxidação e a disponibilidade de nutrientes no solo, resultando em padrões complexos da demanda e da oferta de nutrientes que contribuem para a estrutura variável de florestas de mangue (REEF et al., 2010).

Em função das frequentes inundações e drenagens, o solo dos manguezais sofrem processos de oxirredução, que permite observar a decomposição da matéria orgânica de maneira aeróbica, anaeróbica e sub-óxida. Porém a condição de saturação do solo, promove uma lenta decomposição da matéria orgânica, por meio de micro-organismos anaeróbicos e à custa de receptores de elétrons alternativos ao oxigênio (SCHULZ, 2000). A respiração óxida é apontada por Alongi et al., (2001) como a provável principal via de decomposição da matéria orgânica, através de medições do metabolismo total, redução do sulfato, ferro e manganês e o consumo de oxigênio.

Nesses sedimentos onde a matéria orgânica se acumula mais rapidamente do que se decompõe, associada a saturação pela água, tais solos são de cores acinzentadas a pretas, com presença de H_2S , fracamente consolidados e podendo atingir vários metros de profundidade.

Esse ecossistema atua então como um "transformador" de estrutura vegetal e animal (matéria orgânica), em nutrientes, que são exportados para águas costeiras (CINTRÓN e SCHAEFFER-NOVELLI, 1983; HAMACHER, 2001). Esse material exportado, enriquecido com fungos e bactérias, constitui a base da cadeia alimentar dessas águas, formando um ecossistema muito complexo e fértil (ODUM, 1970).

2.4.1. Aporte e disponibilidade de nutrientes

Grande parte das piscinas de nutrientes das florestas de mangue concentra-se armazenada no solo (ALONGI et al., 2003). Esta é a fonte de nutrientes do solo e da água intersticial fornecida para o sistema através da inundação de maré, pelo incremento de material orgânico de raízes mortas e da queda de serapilheira. Associadas às baixas taxas de decomposição da matéria orgânica do solo, vão servir de fonte de nutrientes para o ecossistema, bem como para os ecossistemas costeiros adjacentes através de lavagem corrente (NEDWELL et al., 1994; LEE, 1995; DAVIS et al., 2003).

O Nitrogênio (N) e fósforo (P) têm sido considerados como os nutrientes mais limitantes à produtividade primária dos manguezais. Em muitos ecossistemas marinhos, o N foi considerado o nutriente mais limitante ao crescimento das plantas, embora se constatou que essa condição ocorre proporcionalmente igual para o N e P (ELSER e HAMILTON, 2007). Uma primeira análise teórica sugere que a limitação P deve ser esperado em áreas com baixas taxas de troca com os oceanos e limitação N em sistemas mais "abertos" (SMITH, 1984).

De maneira geral, o nitrogênio configura-se como um elemento essencial para o crescimento das plantas, tornando-se disponível para as plantas através da mineralização da matéria orgânica do solo, e consumida através da assimilação, absorção e metabolismo de plantas e micro-organismos (INOUE et al., 2011). De acordo com Kristensen et al., (2008), as características gerais do sedimento de mangue, com relação ao nitrogênio inorgânico, são baixas concentrações, baixa taxa de adição e perdas pela maré, taxas reduzidas de processos de transformação e assimilação microbiana eficiente.

As altas taxas de desnitrificação e amonificação, podem ser elevadas em condições anaeróbias, e em combinação com a fixação de N, favorável em solos ricos em matéria orgânica, diminuem a concentração de nitrato e nitrito e produzem amônia, tornando-a a forma mais comum de nitrogênio (N) em solos de manguezais, conforme salientado por Alongi (1994) e Kristensen et al., (2008).

A adição de P produz efeito positivo no crescimento de mangues, além de promover maior fixação do alumínio, em condições de acidez elevada. O efeito do alumínio sobre o

desenvolvimento dos manguezais, por sua vez, encontra-se fracamente investigado, porém alguns estudos realizados apontam os manguezais como relativamente tolerantes ao alumínio, tendo uma grande capacidade de armazenamento no dossel (ROUT et al., 2001; OXMANN et al., 2009).

O potássio (K⁺) é fundamental para manter a neutralidade elétrica intracelular, regulação osmótica, ativação de enzimas, síntese de proteínas, metabolismo fotossintético, transporte de solutos pelo floema e para a manutenção do equilíbrio cátion: ânion na citosol e no vacúolo (MASER et al., 2002). Em ambientes de alta salinidade, como no caso dos manguezais, o K⁺ ajuda a formar o potencial elétrico necessário para facilitar a absorção de água, frente a grande concentração de sais (BALL et al., 1987), além do K⁺ e o do Cálcio (Ca) serem os prováveis responsáveis pelo desenvolvimento da tolerância à sais das espécies de mangle (COHEN et al., 1999).

A grande instabilidade dos manguezais, associados aos processos de adição, perda, transformação e translocação instigaram as espécies desse ecossistema desenvolverem mecanismos para evitar a perda de nutrientes, com uma efetiva retenção e reciclagem de nutrientes (BOTO e BUNT, 1981; TWILLEY et al., 1986; BOTO e ROBERTSON, 1990; INOUE, 2011).

Dentre os mecanismos de conservação de nutrientes, Reef et al., (2010) destaca como principais a persistência das folhas à deciduidade “evergreeness”, a reabsorção de nutrientes antes da queda da folha, a imobilização de nutrientes na serapilheira durante a decomposição, a presença de raízes escoras para sustentação e o uso repetido de canais radiculares de idade e a eficiência de uso de nitrogênio. Sendo essa eficiência de reabsorção de nutrientes em manguezais uma das mais altas entre as angiospermas.

2.4.2. Fatores que afetam a disponibilidade de nutrientes em solos de manguezais

O estado redox do solo pode ser altamente heterogêneo, facilitando uma infinidade de processos biogeoquímico e influenciando na disponibilidade de nutrientes e consequentemente na capacidade de absorção das plantas. O estado de oxidação do solo mantém uma estreita relação com os fatores topográficos, que agem como fatores determinantes na frequência e intensidade das inundações, promovidas pela maré (REEF et al., 2010).

Alguns autores, a exemplo de McKee, 1996; Pi et al., 2009; Smith et al., 1991; Alongi, 1994 e Corredor e Morell, 1994 ressaltam outros fatores influenciando na disponibilidade dos nutrientes, como a biota, principalmente por bioturbação; a quantidade de raízes, pela perda de oxigênio radial das raízes criando uma zona aeróbia, que pode variar em extensão entre as

espécies de mangue; Presença de bactérias desnitrificantes, abundantes em solos de mangue, aumento da concentração de amônia no solo; e a salinidade, influenciado pela intrusão salina, e o pH do solo, pela deposição de serapilheira, exsudatos de raiz, a disponibilidade de íons inorgânicos (MARY e KUEHL, 2001), que ambos podem afetar a demanda de nutrientes imposta pelo crescimento das árvores (KRAUSS et al. 2006).

2.4.3. Água intersticial

A água intersticial, definida como a porção de água presente nos poros do solo, apresenta uma grande importância na compreensão da dinâmica do solo de manguezal, com destaque para o pH, a salinidade e o oxigênio dissolvido da água intersticial, que segundo Duke et al. (1998) e Bunt (1996; 1999) estão diretamente relacionados com a distribuição e o grau de desenvolvimento das espécies de mangue.

Potencial hidrogênionico (pH)

A inundação a qual os solos dos manguezais são frequentemente submetidos é responsável por importantes alterações físico-químicas nestes solos. Estas alterações podem causar a queda do potencial redox e variações nos valores de pH, acarretando mudanças drásticas no equilíbrio de minerais e na dinâmica de elementos como o ferro e o enxofre (PONNAMPERUMA, 1972).

O solo do mangue, normalmente, apresenta altos valores de pH, sendo a faixa comumente encontrada nos solos de manguezal entre 4,8 e 8,0. Porém sob condições oxidantes, os solos desses ecossistemas geram níveis muito baixos de pH, pela presença do ácido sulfúrico, formado às custas da oxidação da pirita (FERNANDES e PERIA, 1995).

Salinidade

A salinidade pode interferir no desenvolvimento das plantas, na altura das árvores e no renascimento das folhas. A *Laguncularia racemosa* habita costas banhadas por águas de baixa salinidade, a *Rhizophora mangle*, desenvolve-se perfeitamente em salinidade de 35 ppm, podendo tolerar até 55 ppm e a *Avicennia* spp. (mangue-preto) é o gênero mais tolerante à salinidade até 90 ppm e tem sua ocorrência restrita às áreas do manguezal mais afastada do mar e, conseqüentemente, com menor frequência de inundação (SCHAEFFER-NOVELLI e LACERDA, 1994; SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

Oxigênio dissolvido

No ambiente do manguezal, durante o processo de decomposição microbiana da matéria orgânica, o oxigênio é rapidamente consumido e é fracamente difundido no substrato (LACERDA, 1994).

Em função do alagamento, a taxa de difusão do oxigênio no solo sofre uma diminuição de cerca de 10.000 vezes, tornando-se muito inferior à demanda microbiana para oxidação da matéria orgânica. A decomposição desta passa então a ocorrer através de micro-organismos anaeróbios e à custa de outros receptores de elétrons que não o oxigênio (SCHULZ, 2000).

A estrutura e a produtividade dos bosques de manguezal estão regulados pelo teor de oxigênio disponível às raízes e concentração de nutrientes, que encontra-se relacionada com a velocidade de decomposição da matéria orgânica (HUTCHINGS & SAENGER, 1987). Esses fatores seriam controlados principalmente pela frequência de inundação (marés), taxa de evaporação e aporte de água doce pluvial e fluvial (COELHO Jr., 1998).

3. ARTIGO 1

Submetido para: Revista Árvore

CARACTERIZAÇÃO DO SOLO DE FLORESTAS DE MANGUE: ESTUÁRIO DO RIO SÃO FRANCISCO, NORDESTE DO BRASIL

Karen Viviane Santana de Andrade; Francisco Sandro Rodrigues Holanda; Mykael Bezerra Santos Santana; Tiago de Oliveira Santos; Heide Vanessa Souza Santos; David Alberto Fontes Gonzalez Castaneda

Resumo

Os solos dos manguezais exercem uma forte influência na distribuição e no grau de desenvolvimento de espécies, mantendo uma relação direta com o aporte de sedimentos marinhos e fluviais. Diversas ações antrópicas e a própria dinâmica desse ecossistema, tem demandado estudos que possibilitem melhor compreensão das particularidades desse solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar as características físicas e químicas do solo ocupado por florestas de manguezais localizados no estuário do rio São Francisco, relacionando-as às peculiaridades do ambiente. Foram selecionadas 02 (duas) estações, divididas em 03 (três) tipos de floresta (franja, bacia e transição) e coletadas 05 (cinco) amostras de solo em cada floresta. As amostras de solo foram submetidas às análises químicas e físicas, incluindo pH. O solo apresentou uma textura arenosa, com elevados valores de matéria orgânica e teores de macro e micronutrientes obedecendo à seguinte ordem de concentração: $Mg > Na > Ca > H > K > P > Al$ e $Fe > Zn > Cu > Mn$, respectivamente, com variações entre bosques e estações. De maneira geral, os manguezais apresentaram elevada fertilidade, principalmente na floresta de bacia, confirmado pelo desenvolvimento da vegetação, observando uma tendência de zoneamento das espécies em relação à fertilidade do solo.

Palavras chaves – solos de mangue, nutrientes, mangue.

Abstract

The mangroves soil has a strong influence on the distribution and degree of species development, maintaining a direct relationship to the contribution of marine and river sediments. Several human activities and the dynamics of the mangrove ecosystem, have demanded studies to provide a better understanding of the peculiarities of its soil. The objective of this work was to evaluate the soil physical and chemical characteristics of mangrove forests located in the estuary of the São Francisco River, related to local ecological conditions. Two stations, divided in 03 (three) types of forest (fringe, basin and transition) were selected and 05 (five) composite soil samples in each forest were collected. Soil samples were submitted to chemical and physical analysis, including pH. The soil presented a sandy texture, with high organic matter and macro and micronutrients contents in the following order: $Mg > Na > Ca > H > K > P > Al$ and $Fe > Zn > Cu > Mn$, respectively, with variations among the forest and stations. In general, the mangroves forests had high fertility, especially in the basin forest, provided by the vegetation development, noting a trend of zoning of the species in relation to soil fertility.

Keywords - Mangrove soils, Nutrients, Mangrove.

Introdução

Manguezais são ecossistemas complexos e altamente produtivos, eficazes na disponibilização de nutrientes para áreas adjacentes e detritos orgânicos, que servem como fonte de alimento para uma diversidade de organismos vivos (ZHOU et al., 2010).

Este sistema ecológico, característico de regiões tropicais e subtropicais do mundo, estende-se ao longo da costa brasileira, abrangendo uma área de aproximadamente 13.000 km² (SPALDING et al., 2010). Esta localização possibilita que sedimentos carregados por corpos d'água sejam retidos, propiciando o desenvolvimento de espécies vegetais, que por sua vez, atuam como barreiras físicas naturais e minimizam os efeitos da erosão costeira.

Por toda importância ecológica, o manguezal se enquadra na legislação vigente, LEI Nº 4.771, como Área de Preservação Permanente - APP (CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO, 1965). No entanto, esse ecossistema tem sofrido degradação, iniciada com a colonização e intensificada com o crescimento populacional ao longo da zona costeira, estimando-se uma supressão de aproximadamente um terço das florestas de mangue do mundo, nos últimos 50 anos (ALONGI, 2002).

Nos manguezais brasileiros, as plantas arbóreas identificadas são o mangue vermelho (*Rhizophora mangle* L.), o mangue preto (*Avicennia germinans* (L.) Stearn. e *Avicennia shaueriana* Stapft & Leechm), o mangue branco (*Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn e mangue de botão (*Conocarpus erectus* Linnaeus) (SOARES et al., 2003). Essas espécies lenhosas possuem várias adaptações que permitem a colonização de solos predominantemente lodosos, que apresentam características limitantes ao desenvolvimento de outras espécies. Conhecidos como "solos indiscriminados de mangue" (EMBRAPA, 1995), têm como principais características o elevado teor de sais e matéria orgânica, baixa consistência, coloração cinza escuro e textura variando de argilosa a arenosa.

As propriedades físico-químicas dos solos de mangue, associadas à frequência de inundação pelas marés, o pH, a salinidade da água intersticial, a produção de serapilheira e a taxa de decomposição do material orgânico, influenciam fortemente na zonação e no grau de desenvolvimento das espécies (SHERMAN et al., 1998; REEF et al., 2010). O aporte de nutrientes em florestas de mangue geralmente varia de acordo o grau de saturação do sedimento, promovido pelo regime de marés, o que pode influenciar na disponibilidade dos elementos químicos e resulta numa elevada concentração de cátions trocáveis ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$), indicando boa fertilidade do solo (SOUZA et al., 1996; FERREIRA et al., 2010), e de matéria orgânica, decomposta predominantemente por meio de micro-organismos anaeróbios e à custa de receptores de elétrons alternativos ao oxigênio (SCHULZ, 2000).

Os atributos do solo expressam a condição de preservação ou degradação dos manguezais, que estão diretamente relacionados à distribuição e grau de desenvolvimento das espécies vegetais. Desta forma, a compreensão sobre a dinâmica do solo constitui uma importante ferramenta no que concerne à resposta desse ecossistema às condições ambientais existentes, podendo contribuir para trabalhos futuros de conservação. Neste sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar as características físico-químicas do solo em florestas de mangue, localizadas na zona estuarina do rio São Francisco, às peculiaridades do ambiente.

Metodologia

Área de estudo

O estudo foi realizado no estuário do Rio São Francisco, Nordeste do Brasil, em um afluente chamado de rio Parapuca, localizado no município de Brejo Grande, Sergipe (Figura 1).

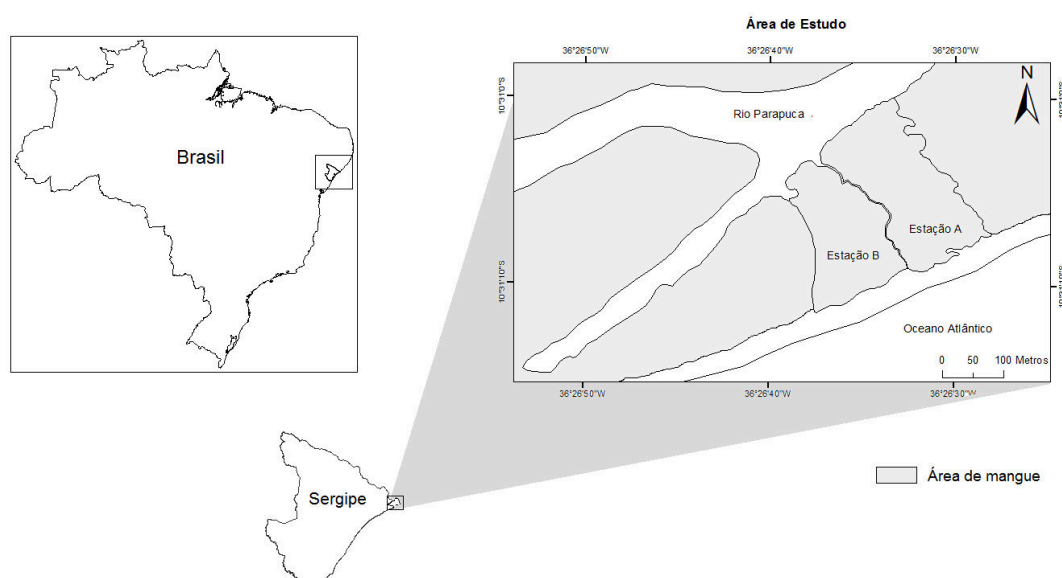


FIGURA 1 - Localização da área de estudo no rio Parapuca.

Fonte: Google Earth (2010)

Segundo Fontes (1990) a região estuarina-lagunar do rio São Francisco ocupa uma faixa litorânea com 5 km de largura de e 5 km de extensão, entre a desembocadura do rio São Francisco e a localidade de Ponta dos Mangues (município de Pacatuba). Parte da sua planície costeira holocênica constitui-se por uma sucessão de ilhas destacadas do continente por canais de maré, que abrigam porções de solos halomórficos sob a influência das marés, com vegetação característica de mangue.

O clima da região é classificado como megatérmico seco a sub-úmido, com temperatura média anual de 25,7° C e precipitação média anual de 1.201,7 mm, com período chuvoso entre os meses de março a agosto (SEPLAN, 2010).

A coleta de dados foi realizada em dois sítios experimentais, denominados de Estação A e Estação B, separados por um canal fluvial (10°30'57" e 48°26'25" a 10°31'13" e 48°26'38"). Cada estação foi dividida em zonas fisiográficas, de acordo com o gradiente de inundação (LUGO E SNEDAKER, 1974): bosque de franja, definido como florestas que se desenvolvem na margem dos canais; bosque de bacia, porção interior da floresta; e bosque de transição, zona que limita a floresta de mangue com outros ecossistemas.

As florestas de mangue, nas diferentes zonas fisiográficas, foram caracterizadas como mistas, em fase de amadurecimento, sendo identificadas na Estação A as espécies *R. mangle* e *L. racemosa* e na Estação B as espécies *R. mangle*, *L. racemosa* e *Avicennia* spp., sendo a espécie *R. mangle* de maior ocorrência.

Coleta e análise físico-química do solo

Em cada estação foram selecionados 15 (quinze) pontos amostrais, sendo 05 (cinco) localizados no bosque de franja, 05 (cinco) no bosque de bacia e 05 (cinco) no bosque de transição. Foram coletados 0,5 kg de solo na profundidade de 20 cm, armazenados em sacos plásticos, etiquetados, acondicionados em gelo e encaminhados ao laboratório para análises.

Em cada ponto amostral foram realizadas medições *in situ* do pH, salinidade e Oxigênio Dissolvido da água intersticial, utilizando-se, respectivamente, o pH-metro microprocessado PHTEK (modelo pH-100), o condutivímetro portátil PHTEK (modelo CD – 203) e o medidor de oxigênio dissolvido IMPAC (modelo DO-5509).

As medidas de pH do solo foram realizadas em campo, na superfície saturada de água, em cada ponto amostral, e no laboratório em água, pelo método SMP e pelo método do Cloreto de Cálcio. A determinação do pH em laboratório foi realizada conforme recomendado por Silva (1999).

A granulometria foi determinada pelo método do densímetro e, com base nos percentuais de areia, silte e argila, determinou-se a textura do solo pelo triângulo de classificação textural (SANTOS e LEMOS, 2005). Para fins de cálculo os teores de areia fina e grossa foram somados e considerados como fração areia.

As análises químicas foram realizadas em amostras de terra fina seca em estufa a 40° C, sendo determinados os teores de Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}), Alumínio (Al^{3+}), Sódio (Na^+), Potássio (K^+), Hidrogênio (H^+), e Fósforo (P^{3-}), de acordo com a metodologia descrita pela EMBRAPA (1997). Os micronutrientes Ferro (Fe^{2+}), Cobre (Cu^{2+}), Manganês (Mn^{2+}) e Zinco (Zn^{2+}) foram determinados por absorção atômica (SILVA, 1999).

A partir dos resultados das análises químicas, calculou-se a Capacidade de Troca Catiônica (CTC), a Soma de Bases Trocáveis (SB), a Saturação por Sódio (PST) e o Índice de Saturação de Bases (V%) do solo.

Análise Estatística

Os tratamentos foram esquematizados em esquema fatorial 2 x 3 (estações x bosques), com 05 (cinco) repetições. Os dados das análises físicas e químicas do solo dos bosques, de cada estação, foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e as médias foram comparadas utilizando o Teste de Tukey, a 5% de probabilidade, pelo programa computacional ASSISTAT, versão 7.5 (SILVA e AZEVEDO, 2009).

Resultados

Textura, Matéria Orgânica e pH do solo

A porcentagem média de areia, silte e argila variaram nas estações A e B de 59,11 a 80,34%, 14,55 a 30,73% e 6,10 a 10,94%, respectivamente (Tabela 1). Note-se que a distribuição das partículas do solo ocorreu de forma homogênea, sendo que os sedimentos mais grossos predominaram em todos os bosques, com valores intermediários de silte e inferiores de argila.

TABELA 1 - Valores médios de matéria orgânica e frações granulométricas do estuário do rio São Francisco

Estação/Bosque	M.O. (g.dm ⁻³)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classificação
ESTAÇÃO A					
Franja	66,18 ^{aA}	71,63 ^{aA}	22,28 ^{bA}	6,09 ^{bAB}	Franco arenoso
Bacia	77,92 ^{aA}	69,46 ^{aA}	19,60 ^{aA}	10,94 ^{aA}	Franco arenoso
Transição	53,86 ^{aA}	80,34 ^{aA}	14,55 ^{bA}	5,11 ^{aB}	Areia Franca
ESTAÇÃO B					
Franja	70,76 ^{aA}	59,11 ^{bA}	30,73 ^{aA}	10,23 ^{aA}	Franco arenoso
Bacia	64,82 ^{aA}	69,18 ^{aA}	24,31 ^{aA}	6,52 ^{bA}	Franco arenoso
Transição	55,58 ^{aA}	67,48 ^{bA}	25,95 ^{aA}	6,50 ^{aA}	Franco arenoso
CV%	23,85	11,42	27,63	41,67	

CV = Coeficiente de Variação; Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas, na vertical, comparando as médias dos bosques em diferentes zonas fisiográficas para a mesma estação, e as letras minúsculas, comparando as médias entre as estações para o mesmo tipo de bosque, não diferem significativamente pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Os baixos teores de argila e elevada quantidade de areia, configuram um caráter arenoso ao solo, como também observado por Nayar et al. (2006) em Pichavaram, na costa oeste da Índia, Prasad e Ramanatham (2008) em Ponggol, nordeste de Cingapura, e Berninni et al. (2006) no Espírito Santo, Sudeste do Brasil, ao contrário dos trabalhos pioneiros de

Odum (1972) e Cintrón e Schaeffer-Novelli (1983) que definiram os solos de mangue como extensos depósitos de argila.

Os valores de matéria orgânica mostraram uma correlação positiva com o teor de argila (Figura 2), como resultado da proteção química e física proporcionada pela matéria orgânica como relatado por Perin et al. (2003), uma vez que associado aos maiores valores de argila foram encontrados os valores mais elevados de argila, 10,94 e 10,23 (Tabela 1), na floresta de bacia da estação A e na floresta de franja da estação B, respectivamente.

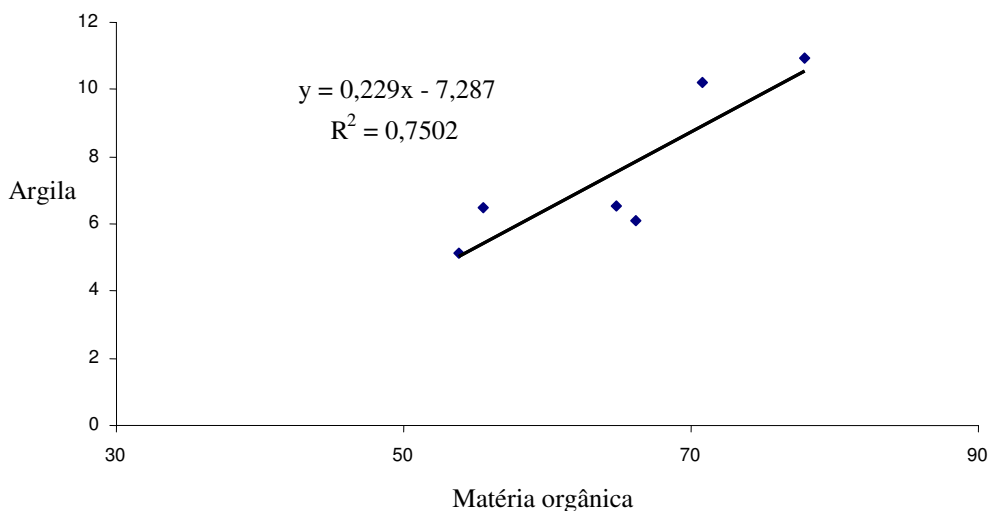


FIGURA 2 - Diagrama de dispersão entre os valores de matéria orgânica e teores de argila

Os valores encontrados para o pH no solo variaram na faixa de 5,7 a 7,9, indicando um caráter levemente ácido a levemente básico. Em ambas as estações, verificou-se que os valores de pH em água, pH em cloreto de cálcio e pH em SMP, seguiram uma tendência de apresentar valores mais baixos do que os valores de pH medidos in situ (Figura 3). A diminuição no pH pode estar relacionada à manipulação das amostras em laboratório promovendo uma maior oxidação, e consequentemente tornando o seu meio mais ácido.

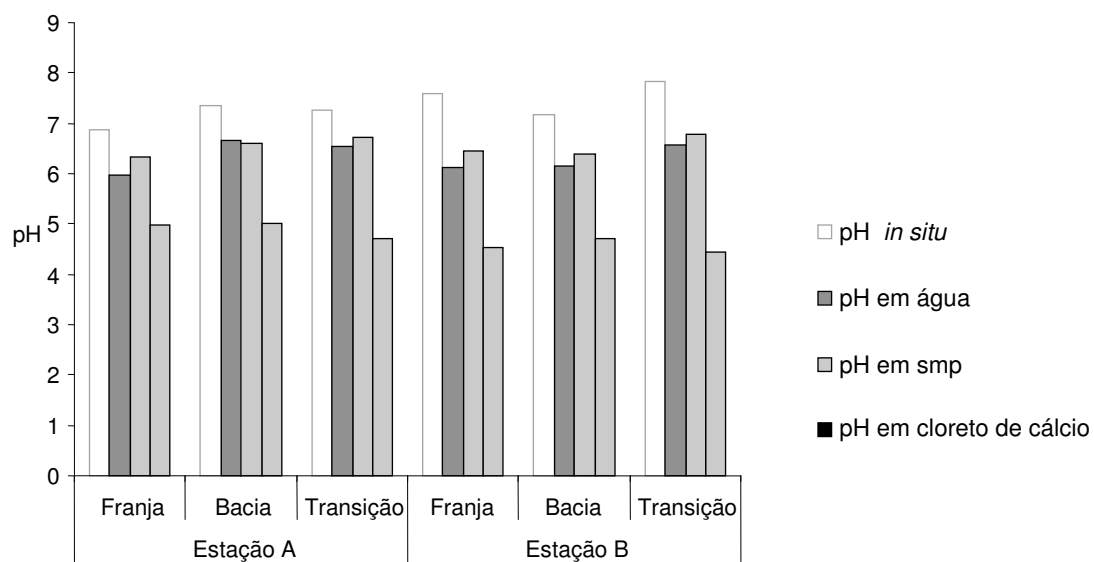


FIGURA 3 - Valores de pH em campo, em água, em cloreto de cálcio e em SMP nas Estações A e B

Macronutrientes e micronutrientes do solo

Os macronutrientes apresentaram a seguinte ordem decrescente de concentração: $Mg^{2+} > Na^{+} > Ca^{2+} > H^{+} > K^{+} > P^{3-} > Al^{3+}$ (Tabela 2), sem diferenças significativas na comparação do Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , K^{+} e H^{+} entre as estações e as zonas fisiográficas.

TABELA 2 - Valores médios de macronutrientes do solo do manguezal do estuário do rio São Francisco

Estação/Bosque	P Mg.dm ⁻³	Ca	Mg	Ca + Mg	Al	Na Cmolc.dm ³	K	H + Al	SB	CTC	PST %	V %
ESTAÇÃO A												
Franja	17,42aB	4,29aA	14,10aA	18,38 aA	0,01 aA	7,00 aB	0,73 aA	2,58 aA	26,12aB	28,68aB	24,64aB	91,10aA
Bacia	30,26 aA	5,25aA	19,10aA	24,34 aA	0 aA	23,53 aA	1,06 aA	2,03 aA	48,94aA	50,94aA	42,80aA	95,60aA
Transição	23,54 aAB	6,18aA	14,02 aA	20,20 aA	0,01 aA	17,56 aAB	0,82 aA	1,79 aA	38,60aAB	40,36aAB	40,74aA	95,14aA
ESTAÇÃO B												
Franja	22,44 aA	6,22aA	11,89 aA	18,12 aA	0,03 aA	6,49 aA	0,81 aA	2,37 aA	25,4aA	27,74aA	23,46aA	91,64aA
Bacia	30,98 aA	5,14aA	14,64 aA	19,76 aA	0,03 aA	11,12 bA	0,83 aA	2,51 aA	31,72bA	34,22bA	28,92bA	91,02bA
Transição	24,18 aA	4,42aA	12,64 aA	17,01 aA	0,02 aA	6,98 bA	0,82 aA	1,69 aA	24,86aA	26,52aA	26,30bA	93,24aA
CV%	26,99	41,37	43,20	27,40	175,09	60,41	26,81	32,45	36,65	34,01	26,61	3,16

SB = Soma de Bases; CTC = Capacidade de Troca Catiônica; PST = Saturação por Sódio; V = Índice de saturação por bases; CV = Coeficiente de Variação; Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas, na vertical, comparando as médias dos bosques em diferentes zonas fisiográficas para a mesma estação, e as letras minúsculas, comparando as médias entre as estações para o mesmo tipo de bosque, não diferem significativamente pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

As concentrações dos micronutrientes não apresentaram variações entre bosques e estações (Tabela 3), com exceção do Mn^{2+} , com valor médio significativamente maior ($p \leq 0,05$) na estação B (10,03) em relação à estação A (2,35).

TABELA 3 - Valores médios de micronutrientes ($mg.dm^{-3}$) das Florestas de mangue do estuário do rio São Francisco.

Estação/Bosque	Fe	Cu	Mn	Zn
ESTAÇÃO A				
Franja	257,53 aA	5,55 aA	1,69 aA	36,12 aA
Bacia	328,48 aA	5,01 aA	2,74 aA	17,83 aA
Transição	446,61 aA	6,92 aA	2,64 bA	50,69 aA
ESTAÇÃO B				
Franja	625,05 aA	6,66 aA	7,34 aA	18,70 aA
Bacia	458,76 aA	7,65 aA	5,04 aA	38,26 aA
Transição	725,89 aA	6,76 aA	17,71 aA	43,14 aA
CV%	77,51	81,55	153,60	114,05

CV = Coeficiente de Variação; Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas, na vertical, comparando as médias dos bosques em diferentes zonas fisiográficas para a mesma estação, e as letras minúsculas, comparando as médias entre as estações para o mesmo tipo de bosque, não diferem significativamente pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Água intersticial

Os resultados médios de salinidade da água intersticial variaram entre 5,8 e 32% (Tabela 4), se enquadrando, de maneira geral, na classificação de águas salobras segundo a Resolução nº 357 de 17/03/2005 do CONAMA (2005), que assim define corpos d'água com concentração de sais entre 5 e 30%. A exceção foi para o bosque de transição da estação A que apresentou valores acima de 30%, sendo classificado como salino.

Ainda de acordo com a Resolução nº 357 de 17/03/2005 do CONAMA, águas salobras, que tem como uso preponderante a preservação dos ambientes aquáticos de unidades de conservação, devem apresentar valores de pH entre 6,5 e 8,5 e oxigênio dissolvido acima de 5mg/L para condições de boa qualidade. O pH da água intersticial apresentou valores máximo de 7,44 e mínimo de 6,68 (Tabela 4), considerado dentro dos padrões adequados de qualidade para a conservação dos ambientes aquáticos. Os teores de oxigênio dissolvido na água não ocorreram dentro da faixa dos padrões de qualidade, acima de 5mg/L, configurando o quanto esse ecossistema é pobre em oxigênio.

TABELA 4 - Caracterização da água intersticial das Florestas de mangue do estuário do rio São Francisco

Estação/Bosque	pH	Salinidade (%)	O dissolvido (mg/L)
ESTAÇÃO A			
Franja	7,44 aA	5,8 aC	2,6 aA
Bacia	6,68 bB	24,0 aB	0,62 aA
Transição	6,72 bB	32,4 aA	2,76 aA
ESTAÇÃO B			
Franja	7,4 aA	7,4 aC	2,94 aA
Bacia	6,94 aB	13,6 bB	1,54 aA
Transição	7,2 aAB	20,6 bA	1,48 aA
CV (%)	2,55	16,92	95,38

CV = Coeficiente de Variação; Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas, na vertical, comparando as médias dos bosques em diferentes zonas fisiográficas para a mesma estação, e as letras minúsculas, comparando as médias entre as estações para o mesmo tipo de bosque, não diferem significativamente pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Discussão

Textura, Matéria Orgânica e pH do solo

As frações granulométricas do solo da área de estudo seguiram a tendência de areia > silte > argila, sendo que os percentuais de areia dos bosques de franja e transição da Estação A se apresentaram significativamente mais elevados, quando comparados com a Estação B ($p \leq 0,05$), associados aos menores percentuais de silte (Tabela 1). Esse fato foi justificado por Nayar et al. (2006) pelas lavagens promovidas pela maré em regiões estuarinas, que ocasiona um carregamento das frações de silte e argila, facilitado pela menor dimensão das partículas, aumentando assim a porcentagem de areia no solo.

Comparando o mesmo tipo de bosque, a fração argila apresentou um comportamento divergente entre as estações, sendo os maiores percentuais observados no bosque de bacia da Estação A e no bosque de franja da Estação B. E na comparação entre os bosques, de mesma estação, observaram-se diferenças significativas ($p \leq 0,05$) apenas na estação A, com percentuais maiores para a bacia.

Ambas as estações apresentaram um comportamento semelhante quanto à classificação textural do solo, prevalecendo a classificação franco arenosa (moderadamente grossa), exceto para o solo do bosque de transição da Estação A que foi classificado como areia franca (grossa). A predominância de partículas mais grosseiras no solo pode estar relacionada com a acumulação de sedimentos marinhos e fluviais, haja vista que no estuário do rio São Francisco, segundo Alves et al. (2007) vem sendo desencadeado processos erosivos, devido às mudanças morfológicas na sua desembocadura. Esta quantidade de sedimentos grossos também pode ser influenciada pela movimentação de frações

granulométricas do sedimento praial, sopradas continente adentro, sob a ação dos ventos e eventos de marés altas (BITTENCOURT et al., 1990).

Na área de estudo foram encontrados elevados teores de Matéria Orgânica (MO), alcançando valores médios de até $77,92 \text{ g.dm}^{-3}$ (Tabela 1), embora Cuzzuol e Campos (2001) relatem que os manguezais, normalmente, apresentam teores de matéria orgânica (MO) oscilando entre 10 e 40 g.dm^{-3} . Os elevados teores de matéria orgânica dos solos dos manguezais podem ser explicados pela frequente deposição de serapilheira (FERNANDES et al., 2007) e de resíduos vegetais oriundos dos cursos d'água, associados à baixa taxa de decomposição desse material, pela condição de anoxia do solo, proveniente do alto grau de saturação do sedimento.

Os valores de pH posicionaram-se próximos à neutralidade, o que pode ser considerada como uma característica habitual dos solos de manguezais não submetidos a perturbação, que tendem ao equilíbrio do pH através de processos de oxidação-redução (BOTO e WELLINGTON, 1984; SOUZA-JÚNIOR et al., 2008). O decréscimo nos valores de pH determinados em laboratório (Figura 3), em relação aos valores de pH in situ, pode estar relacionado a oxidação da pirita (FeS_2), estável sob condições anaeróbicas, que quando expostas ao ar sofrem oxidação, formando o ácido sulfúrico (LIN e MELVILLE, 1992; TAM e WONG, 1997; SOUZA-JUNIOR et al., 2008; ROISENBERG et al., 2008).

O método do cloreto de cálcio possibilitou valores inferiores aos valores de pH em água e em SMP, que apresentaram comportamento semelhante, isso pode ser explicado pelo fato do método de determinação de pH com cloreto de cálcio ser menos afetado pela presença de sais (ROSSA, 2006), abundante em solos de mangue, em consequência da influência marinha ou da mineralização que ocorre em amostras de solo úmidas acondicionadas em sacos plásticos.

Macronutrientes e micronutrientes

As menores concentrações de sódio (Na^+) e fósforo (P^{3-}) foram identificadas nas florestas da franja da estação A, possivelmente justificadas pela lavagem diária promovida pela maré, diferindo das porções interiores, bosque de bacia, que apresentaram níveis elevados desses elementos (Tabela 2). Este comportamento pode estar relacionado a uma menor exposição do bosque de bacia à frequência de inundação, que de acordo com Ferreira et al. (2010) o torna mais propenso ao maior acúmulo de sais, devido à evaporação da água superficial. Comportamento similar foi observado na Estação B, porém sem diferença significativa entre as zonas fisiográficas. Na comparação dessas estações, o bosque de bacia e de transição da estação A, apresentaram valores maiores de Na do que os mesmos tipos de bosques da estação B.

Em relação às espécies, observou-se a ocorrência de *Avicennia* spp. e *L. racemosa* em porções internas das Estações, Bosque de Bacia, as quais apresentam maior teor de sais, podendo ser um indício que essas espécies possuem maior tolerância à salinidade do solo e da água, justificada por suas características fisiológicas (SUÁREZ e MEDINA, 2008; ZAMORA-TREJOS e CORTÉS, 2009; UMETSU et al, 2011). Enquanto a *Rhizophora* mangrove se adapta melhor às margens do curso d'água, fato associado aos menores valores de salinidade média e a presença das raízes escoras de sustentação.

A presença dos cátions trocáveis no solo apresentou a seguinte ordem decrescente: $Mg^{2+} > Ca^{2+} > K^{+}$, como também observado por Alongi et al. (2004), nos manguezais da Malásia. A natureza química dos solos de mangue relaciona-se ao aporte marinho-fluvial das micas primárias (biotitas e muscovitas), fontes de K^{+} e Mg^{2+} ; E carbonatos de cálcio e fosfatos de cálcio, oriundos da decomposição das carcaças de crustáceos, que representam as principais entradas de Ca^{2+} no ambiente.

Os teores de nutrientes quantificados em solos de mangue diferem bastante dos valores identificados em solos agricultáveis, como relatado por Sobral (2007), exceto para os teores de Alumínio (Al^{3+}) que estiveram abaixo da faixa limite de toxicidade. Isso pode ser reflexo do pH registrado no solo, caracterizado segundo a EMBRAPA (1999) na classe “praticamente neutra”, que possibilita uma maior solubilidade deste elemento, constituindo uma situação mais favorável para a lixiviação do Al^{3+} e a precipitação de hidróxidos de Al^{3+} .

Nos bosques de franja e bacia, das estações A e B, foram observados teores mais elevados de matéria orgânica e de $H^{+} + Al^{3+}$ (Tabela 2), uma vez que o alumínio apresentou uma influência insignificante na acidez trocável, o aumento dos teores de hidrogênio pode ter sido decorrente da dissociação dos íons H^{+} dos grupos fenólicos da matéria orgânica ($R-OH$), que ocorre em pH 6,0, faixa identificada na área estudada (EMBRAPA, 2006).

Comparando as estações estudadas, a floresta de mangue da Estação A é mais desenvolvida do que a Estação B e levando em consideração a zona fisiográfica, a vegetação no bosque de bacia se apresentou mais desenvolvida, em ambas estações. Esse grau de desenvolvimento das espécies pode ser relacionado à maior fertilidade do solo no interior da floresta, confirmados pelos elevados valores de SB, CTC, PST e V, maior teor de matéria orgânica e predominância de sedimentos mais finos.

Os elevados valores de Ferro (Fe^{2+}) (Tabela 3) podem ser explicados pela condição frequente de anaerobiose dos solos de mangue, permitindo que ocorra oxidação da matéria orgânica do solo, através de microrganismos aeróbicos facultativos e anaeróbicos, tendo conseqüentemente formas menos cristalinas de óxidos de Fe^{2+} , as quais são mais facilmente reduzidas, aumentando assim a concentração e a disponibilidade do Fe no solo. Identificou-se

um comportamento semelhante entre o Fe^{2+} e o Mn^{2+} , que possuem os seus teores acrescidos quando submetidos à inundação, associado à elevação do pH, alta concentração de matéria orgânica e a possível presença de formas menos estáveis deste elemento.

Ao contrário do Fe^{2+} , o Zn^{2+} apresentou baixa concentração, por responder negativamente à condição anaeróbica, provavelmente devido ao acúmulo de CO_2 , resultado da decomposição da matéria orgânica e das oscilações no pH, que segundo Lima et al. (2005) possibilita a precipitação do ZnCO_3 , Zn(OH)_2 e ZnS .

Em outros solos de manguezais brasileiros (COTTA et al., 2006; ONOFRE et al., 2007), as concentrações de metais pesados (Fe^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} e Cu^{2+}) foram muito superiores aos valores encontrados no Estuário do Rio São Francisco (Tabela 3). Os baixos níveis de tais elementos podem ser explicados pela ausência de atividades industriais e de despejos de esgotos expressivos nas áreas adjacentes ao manguezal estudado. E pela predominância de sedimentos mais grosseiros, formados principalmente por compostos de quartzo, que apresentam baixos teores de metais, devido à sua área de superfície específica mais baixa.

Água intersticial

A riqueza em sais encontrada neste ambiente era esperada pela grande influência da maré, mostrando uma correlação entre os componentes do mangue e os elementos da água do mar (LARCHER, 2000). Os dados de salinidade apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre os bosques nas diferentes zonas fisiográficas, aumentando da margem do rio em direção à zona de transição (Tabela 4), como observado por Schaeffer-Novelli et al. (2000) e por Mckee (1993). Este comportamento pode ser explicado pela influência do rio, uma vez que, as parcelas de franja ficam submetidas às frequentes lavagens, por causa do aumento do nível de água no rio, acarretando em uma possível diluição dos sais na água doce que fica retida no solo, conforme também identificado por Ferreira et al. (2010) e perdas por lixiviação.

Segundo Camargo et al. (1993) solos ácidos tem seus valores de pH aumentado pela redução e solos alcalinos reduz os valores de pH, devido à acumulação mais intensa de CO_2 . Essas reações de oxi-redução envolvem o consumo ou a produção dos íons H^+/OH^- , fazendo com que os solos atinjam um equilíbrio dinâmico.

Condições menos ácidas foram identificadas na margem do rio (bosque de franja), onde os valores observados se apresentaram maiores, em ambas as estações. Esses maiores valores de pH encontrados na porção mais próxima à água provavelmente estão relacionados à menor elevação microtopográfica local e a maior frequência de inundação. E os bosques de bacia e transição da Estação B apresentaram resultados superiores de pH, quando comparados com a Estação A (Tabela 4).

Os resultados de salinidade e pH apresentados nesse trabalho estão de acordo com os valores encontrados por Silva et al. (2005) que apresentaram valores de salinidade oscilando entre 2 e 38‰ e de pH variando de 5,7 e 7,9.

Os baixos teores de oxigênio dissolvido podem ser explicados pela constante inundação, onde a água desloca o ar dos espaços porosos, criando regiões de anaerobiose devido à depleção do oxigênio e o aumento de CO₂, produzido pela respiração microbiana, sendo que o oxigênio livre residual desaparece rapidamente em função da necessidade de energia (micro-organismos aeróbios) para os processos biológicos (CAMARGO et al., 1999).

A atividade microbiana em ambientes submersos concerne uma distribuição heterogênea do oxigênio, uma vez que o oxigênio é fracamente difundido nos solos de mangue (SCHULZ, 2000) e como reflexo dessa fraca difusão do oxigênio observou-se elevado Coeficiente de Variação, 95,38%.

Conclusões

1) O domínio das partículas grosseiras observado no solo do manguezal do Estuário do rio São Francisco pode estar relacionado com a acumulação de sedimentos marinhos e fluviais, oriundos de processos erosivos do Estuário do rio São Francisco.

2) O grau de preservação observado na foz do rio São Francisco, associado a baixa energia do rio nas estações de coleta, mantém elevada concentração de matéria orgânica e macronutrientes no solo estudado;

3) A influência marinha constante e a condição frequente de inundação trouxeram efeitos nas características do solo do manguezal, como água intersticial predominantemente salobra e anoxa, além de vários processos de oxi-redução no solo.

4) Os valores elevados de bases trocáveis (Na⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺) conduziram a valores elevados SB, CTC e V, propiciando um comportamento eutrófico ao solo.

5) O solo do manguezal apresenta baixa concentração de metais pesados fato associado a ausência de fontes contaminantes expressivas no entorno e a consistência arenosa do solo.

6) Há uma tendência de zoneamento de espécies em relação à fertilidade do solo, dominado por *Rhizophora mangle*, fortemente desenvolvida em solos férteis.

Referências bibliográficas

ALONGI, D.M. Present state and future of the world's mangrove forests. **Environmental Conservation**, v. 29, n. 3, p. 331-349, 2002.

ALONGI, D.M.; SASEKUMAR, A.; CHONG, V.C.; PFITZNER, J.; TROTT, L.A.; TIRENDI, F.; DIXON, P.; BRUNSKILL, G.J. Sediment accumulation and organic material flux in a managed mangrove ecosystem: estimates of land-ocean-atmosphere exchange in peninsular Malaysia. **Marine Geology**, v. 208, p. 383-402, 2004.

ALVES, N.M.S.; FONTES, A.L.; SILVA, D.B.; ALMEIDA, J.A.P. Dinâmica geoambiental, processos morfodinâmicos e uso das terras em Brejo Grande, Baixo São Francisco – Sergipe. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 8, n. 2, p. 11-21, 2007.

BERNINI, E.; SILVA, M. A. B.da; CARMO, T. M. S.do; CUZZUOL, R. F. Composição química do sedimento e de folhas das espécies do manguezal do estuário do Rio São Mateus, Espírito Santo, Brasil. **Revista brasileira de Botânica**, v. 29, n. 4, p. 689-699, 2006.

BITTENCOURT, A.C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L.; MOITA FILHO, O. Variações texturais induzidas pelo vento nos sedimentos da face da praia (Praia de Atalaia, Piauí). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 20, p. 201-207, 1990.

BOTO, K.G.; WELLINGTON, J. T. Soil characteristics and nutrient status in a northern australian mangrove forest. **Estuaries**, v. 7, n. 1, p. 61-69, 1984.

CAMARGO, F.A.O.; SANTOS, G.A.; ZONTA, E. Alterações eletroquímicas em solos inundados. *Ciência Rural*, v.29, n.1, p. 171-179, Santa Maria, 1999.

CAMARGO, F.A.O.; SANTOS, G.A.; ROSSIELLO, R.O.P.; Produção de ácidos orgânicos voláteis pela planta de arroz sob condições anaeróbias. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 17, n. 3, p. 337-342, 1993.

CINTRÓN, G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Introducción a la ecología del manglar**. Montevideo: Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la Unesco para América Latina y el Caribe, 1983. 109p.

CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO. **LEI Federal Nº 4.771**, de 15 de setembro de 1965.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTAL – CONAMA. 2005. **Resolução CONAMA nº 357**. Disponível em: <www.mma.conama.gov.br/conama> Acesso em 25/05/2012.

COTTA, J.A.O.; REZENDE, M.O.O.; PIOVANI, M.R. Avaliação do teor de metais em sedimento do rio Betari no parque Estadual Turístico do Alto Ribeira – PETAR, São Paulo, Brasil. **Química Nova**, v. 29, n. 1, p. 40-45, 2006.

CUZZUOL, G.R.F.; CAMPOS, A. Aspectos nutricionais na vegetação de manguezal do estuário do Rio Mucuri, Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 2, p. 227-234, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Procedimentos normativos de levantamentos de pedológicos**. Embrapa - SPI, Brasília, DF, 1995. 101p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Embrapa Solos, 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 221p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. **Solo: Substrato da Vida**. Embrapa, Brasília, 2006. 150p.

FERNANDES, M.E.B.; NASCIMENTO, A.A.M.; CARVALHO, M.L. Estimativa da produção anual de serapilheira dos bosques de mangue no Furo Grande, Bragança – Pará. **Revista Árvore**, v. 31, n. 5, p. 949 – 958, 2007.

FERREIRA, T.O.; OTERO, X.L.; DE SOUZA, V.S.; VIDAL-TORRADO, P.; MACIAS, 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, p. 995-1006, 2010.

FONTES, A.L.; **Aspectos da geomorfologia costeira no norte do Estado de Sergipe**. In: Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira, 1990.

GOOGLE, **Programa Google Earth**, 2010.

LARCHER, W. *Ecofisiologia Vegetal*. RIMA. São Carlos. 531p. NULTSCH, W. (2000) **Botânica Geral**. ARTMED. Porto Alegre. 489p, 2000.

LIMA, H.N.; MELLO, J.W.V.de; SCHAEFER, C.E.G.R.; KER, J.C. Dinâmica da mobilização de elementos em solos da Amazônia submetidos à inundação. **Acta Amazônica**, v. 35, n. 3, p. 317-330, 2005.

LIN, C.; MELVILLE, M.D. Mangrove soil: A potential contamination source to estuarine ecosystem of Australia. **Wetlands**, v. 11, n. 2, p. 68-75, 1992.

LUGO, A.; SNEDAKER, S.C. The ecology of mangrove. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 5, p. 39-64, 1974.

MCKEE, K.L. Soil physicochemical patterns and mangrove species distribution – reciprocal effects?. **Journal of Ecology**, v. 81, n.3, p. 477-487, 1993.

NAYAR, S.; MILLER, D.J.; HUNT, A.; GOH, B. P. L. Environmental effects of dredging on sediment nutrients, carbon and granulometry in a tropical estuary. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 127, p. 1-13, 2006.

ODUM, E.P. **Ecologia**. 3ª ed. Trad. C.G. Ottenwaelder. México, Nueva Editorial Interamericana, 1972. 639 p.

ONOFRE, C.R.E.; CELINO, J.J.; NANO, R.M.W.; QUEIROZ, A.F.S. Biodisponibilidade de metais traços nos sedimentos de manguezais da porção norte da Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 7, n. 2, p. 65-82, 2007.

PERIN, E.; CERETTA, C.A.; KLAMT, E. Tempo de uso agrícola e propriedades químicas de dois Latossolos do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 665-674, 2003.

PRASAD, M.B.K.; RAMANATHAN, A.L. Sedimentary nutrient dynamics in a tropical estuarine mangrove ecosystem. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 80, n. 1, p. 60-66, 2008.

REEF, R.; FEELER, I.C; LOVELOCK, C.E. Nutrition of mangroves. **Tree Physiology**, v. 30, p. 1148-1160, 2010.

ROISENBERG, C.; FORMOSO, M.L.L.; DANI, N; LOUBET, M.; POZOCCO, E. Caracterização e evolução geoquímica das águas subterrâneas da mina de Candiota (RS), Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 38, n. 4, p. 618-628, 2008.

ROSSA, U.B. **Estimativa de calagem pelo método SMP para alguns solos do Paraná**. 2006. 100p. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) – Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5.ed. revisada e ampliada. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Embrapa-SNLCs, 2005. 92p.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; MOLERO, G.C.; SOARES, M.L.G.; ROSA, T. Brazilian mangroves. **Aquatic Ecosystem Health and Management** , v. 3, p. 561-570, 2000.

SCHULZ, H.D. Redox Measurements in Marine Sediments. In: SCÜRING, J.; SCHULZ, H.D.; FISCHER, W.R.; BÖTTCHER, J.; DUIJNISVELD, W.H.M. (Ed.) Redox: Fundamentals Processes and Applications. Berlin: Springer, cap.19, p.235-246, 2000.

SEPLAN, Secretaria de Estado do Planejamento, Habitação e do desenvolvimento Urbano. **Sergipe em dados**, 2009. Sergipe, 2010. 109p.

SHERMAN, R.; TIMOTHY, F.; HOWARTH, R. Soil-plant interactions in a neotropical forest: iron, phosphorus and sulfur dynamics. **Oecologia**, v.115, p.553-563, 1998.

SILVA, F.A.S.E.; AZEVEDO, C.A.V. **Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance**. In: World Congress on Computers in Agriculture, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa Brasília. 1999. 370p.

SILVA, M.A.B.; BERNINI, E.; CARMO, T.M.S. Características estruturais de bosques de mangue do estuário do rio São Mateus, ES, Brasil **Acta botânica brasileira**, v.19, n.3, p. 465 - 471, 2005.

SOARES, M.L.G.; CHAVES, F.O.; CORRÊA, F.M.; SILVA-JUNIOR, C.M.G. Diversidade estrutural de bosques de mangue e sua relação com distúrbios de origem antrópica: o caso da baía de Guanabara (Rio de Janeiro). **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 26, p. 101-116, 2003.

SOBRAL, L.F.; VIÉGAS, P.R.A; SIQUEIRA, O.J.W; ANJOS, J.L.; BARRETO, M.C.V.; GOMES, J. B. V. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes no Estado de Sergipe**. 1. ed. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, 2007. 251 p.

SOUZA, H.F.; GUEDES, M.L.S.; OLIVEIRA, S.S.; SANTOS, E.S. Alguns aspectos fitossociológicos e nutricionais do manguezal da Ilha de Pati, Bahia, Brasil. **Sitientibus**, v. 15, p. 151-165, 1996.

SOUZA-JÚNIOR, V.S.; VIDAL-TORRADO, P.; GARCIA-GONZÁLEZ, M.T.; OTERO, X.L.; MACÍAS, F. Soil mineralogy of mangrove forest from the State of São Paulo, southeastern Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 72, n. 3, p. 848-857, 2008.

SPALDING M., KAINUMA M., COLLINS L. **World Atlas of Mangroves**. Earthscan Publications, 2010.

SUÁREZ, N.; MEDINA, E. Salinity effects on leaf ion composition and salt secretion rate in *Avicennia germinans* (L.) L. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 20, n. 2, p. 131-140, 2008.

TAM, N.F.Y.; WONG, Y.S. Accumulation and distribution of heavy metals in a stimulated mangrove system treated with sewage. **Hydrobiologia**, v. 352, n. 1-3, p. 67-75, 1997.

UMETSU, R.K.; GIRARD, P.; MATOS, D.M.S.; JESUS, C.J. da. Efeito da inundação lateral sobre a distribuição da vegetação ripária em um trecho do rio Cuiabá, MT. **Revista Árvore**, v.35, n.5, p. 1077-1087, 2011.

ZAMORA-TREJOS, P.; CORTÉS, J. Los manglares de Costa Rica: el Pacífico norte. **Revista de Biología Tropical**, v. 57, n. 3, p. 473-488, 2009.

ZHOU, Y.W.; ZHAO, B.; PENG, Y.S.; CHEN, G.Z. Influence of mangrove reforestation on heavy metal accumulation and speciation in intertidal sediments. **Marine Pollution Bulletin**, v. 60, n. 8, p. 1319-1324, 2010.

ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS DOS SOLOS DE MANGUEZAIS E SUAS INTERAÇÕES: UM ESTUDO DE CASO DO ESTUÁRIO DO RIO SERGIPE, NORDESTE DO BRASIL

Karen Viviane Santana de Andrade; Francisco Sandro Rodrigues Holanda; Mykael Bezerra Santos Santana; Tiago de Oliveira Santos

Resumo

Os manguezais localizados nas zonas tropicais do mundo apresentam papel fundamental na estabilidade dos ecossistemas costeiros, sendo caracterizados pela alta taxa de ciclagem de matéria orgânica e nutrientes com os oceanos e os ambientes terrestres. Na perspectiva de ampliar a abrangência dos estudos acerca desse ecossistema e compreender melhor a sua dinâmica, este estudo teve como objetivo avaliar as características físico-químicas do solo do manguezal localizado na zona estuarina do Rio Sergipe. Foram selecionadas 02 (duas) Estações, divididas em 03 (três) tipos de bosques (franja, bacia e transição), de acordo com o gradiente de inundação, e coletadas 05 (cinco) amostras de 0,5 kg de solo em cada bosque, realizando-se medições in situ de pH, em cada ponto amostral. Em laboratório, as amostras de solo foram submetidas às análises químicas e físicas, incluindo pH. O solo da região estuarina do rio Sergipe apresentou uma textura siltosa no Bosque de Franja e Bacia e textura arenosa no Bosque de Transição, elevados valores de matéria orgânica, teores de macronutrientes obedecendo à seguinte ordem de concentração: $Mg^{2+} > Na^{2+} > Ca^{2+} > H^{+} > K^{+} > P^{3-} > Al^{3+}$ e elevada concentração de metais, com destaque para o Fe e Mn. Apresentando de maneira geral, elevada fertilidade, principalmente nas porções mais próximas ao curso d'água, pela frequente deposição de material orgânico.

Palavras chave: manguezal, solos e nutrientes.

Abstract

Mangrove forests located in tropical areas of the world have key role in the stability of coastal ecosystems, and are characterized by high rate of cycling of organic matter and nutrients to the oceans and terrestrial environments. In order to expand the scope of the studies on this ecosystem and to better understand its dynamics, the objective of this study was to evaluate the physico-chemical soil characteristics in mangrove forest located in the estuary of the Rio Sergipe and determine possible interactions between its elements. We selected two (02) stations, divided into 03 (three) types of Woods (fringe, basin and transition), according to the level of flooding and collected five (05) samples of 0.5 kg of soil in each forest, performing in situ measurements of pH, each sample point. In the laboratory, soil samples were subjected to chemical and physical analyzes, including pH. The soil of the estuary of the Sergipe River presented a silty texture in the Fringe and Basin forest and sandy texture in the Transition forest. High values of organic matter content and macronutrients concentrations in the following order: $Mg^{2+} > Na^{2+} > Ca^{2+} > H^{+} > K^{+} > P^{3-} > Al^{3+}$ were presented as well as high concentrations of metals, especially Fe and Mn. Generally, high fertility, was identified especially in the portions closer to the stream, with frequent deposition of organic material.

Keywords: mangrove, soils, nutrients and heavy metals.

Introdução

O manguezal é um ecossistema que ocorre em áreas costeiras abrigadas e apresenta condições propícias para alimentação, proteção e reprodução de muitas espécies animais, desempenhando outras funções importantes, como eficiente retentor de sedimentos trazidos pelas águas das chuvas e rios, minimizando o assoreamento dos canais de navegação, e atuando como transformador de nutrientes (retidos em excesso pela vegetação) em matéria orgânica, contribuindo na ciclagem de nutrientes do ambiente costeiro (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995; VASQUES et al., 2011).

Apesar da grande importância dos manguezais para a sustentabilidade dos ecossistemas costeiros, associado ao fator de que os manguezais deveriam ser ambientes preservados, por se enquadrar na legislação vigente, LEI Nº 4.771, como Área de Preservação Permanente - APP (CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO, 1965), este ambiente encontra-se frequentemente ameaçado pela ocupação e exploração desordenada das regiões costeiras.

A grande urbanização e a especulação imobiliária da região estuarina do rio Sergipe, exerce uma forte pressão nos manguezais do estuário, em grande parte incluído na região mais valorizada de Aracaju, e caracterizada pela ocupação desordenada e pelo uso intenso dos recursos naturais, ocasionando supressão da vegetação, contaminação e interferindo na distribuição e no grau de desenvolvimento das espécies.

O conhecimento satisfatório sobre a dinâmica e a estrutura do ecossistema manguezal, demanda a compreensão dos teores de nutrientes, sua distribuição no solo e os processos de interação entre os elementos. Além de outros fatores como a frequência de inundação pelas marés, o pH, a salinidade, a produção de serapilheira e a taxa de decomposição do material orgânico, que também têm sido apontados como contribuintes na zonation das espécies de manguezais (HAY & LACERDA, 1984; SHERMAN et al., 1998; REEF et al., 2010).

Os solos do Manguezal são formados por sedimentos que possuem características variáveis devido às diferentes origens, apresentando elevado teor de matéria orgânica, alto conteúdo de sal, baixa consistência e coloração escura (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995; FERREIRA et al., 2007). Estes solos são pouco conhecidos e recebem a denominação de “solos indiscriminados de mangue” (EMBRAPA, 1995).

De maneira geral, os manguezais normalmente apresentam alta concentração de matéria orgânica, devido à baixa taxa de decomposição, caracterizando o ambiente como altamente fértil. Reef (2010) salienta que os teores de nutrientes geralmente variam ao longo da zona intertidal - zona compreendida entre o nível da maré baixa e da ação das ondas na maré alta – levando em consideração a oscilação do nível da maré e o grau de saturação do

sedimento, que influencia o potencial redox e pode afetar a forma e a disponibilidade de elementos químicos.

O manguezal pode atuar como eficiente barreira biogeoquímica ao trânsito de metais pesados em áreas costeiras, por meio da imobilização de metais nos sedimentos sob formas não biodisponíveis e por adaptações fisiológicas, típicas das árvores de mangue, que reduzem sensivelmente a absorção de metais pesados pelas plantas (LACERDA, 1997; LACERDA, 1998; XIN et al., 2010), com variações na adsorção desses metais conforme o tamanho das partículas do sedimento e o conteúdo orgânico (OLIVEIRA, 2010).

Grande parte dos estudos realizados em áreas de mangue tem-se limitado à composição florística e às condições físicas do ambiente, sendo poucos os trabalhos relacionados com os aspectos do solo dos manguezais brasileiros, principalmente no estado de Sergipe. Na perspectiva de ampliar a abrangência dos estudos sobre os bosques de manguezais do estado de Sergipe, este estudo teve como objetivo avaliar as características físico-químicas do solo do manguezal localizado na zona estuarina do Rio Sergipe e verificar as possíveis interações entre os elementos.

Metodologia

Descrição da área

O estudo foi realizado na sub-bacia hidrográfica rio Poxim, principal afluente do rio Sergipe, na sua região estuarina, município de Aracaju, estado de Sergipe (Figura 1). A amostragem foi realizada, em dois sítios experimentais selecionados, denominados de Estação A e Estação B, levando em consideração a representatividade da vegetação e a existência de zonas fisiográficas bem delimitados.

A divisão de cada estação foi realizada de acordo com o gradiente de inundação, delimitando-se as seguintes zonas fisiográficas (LUGO E SNEDAKER, 1974): Bosque de Franja que são as florestas que se desenvolvem na margem dos canais; Bosque de Bacia que se desenvolve na porção interior da floresta; e o Bosque de Transição que se desenvolve na zona que limita a floresta de mangue com outros ecossistemas.

A sub-bacia hidrográfica do rio Poxim apresenta clima tropical úmido, com verão seco e índice pluviométrico médio anual variando de 1.600 mm a 1.900 mm, sendo que o período chuvoso ocorre entre os meses de março e agosto. A temperatura média é de 23°C (inverno) e de 31°C (verão) (SOARES, 2001; MACEDO et al., 2008).

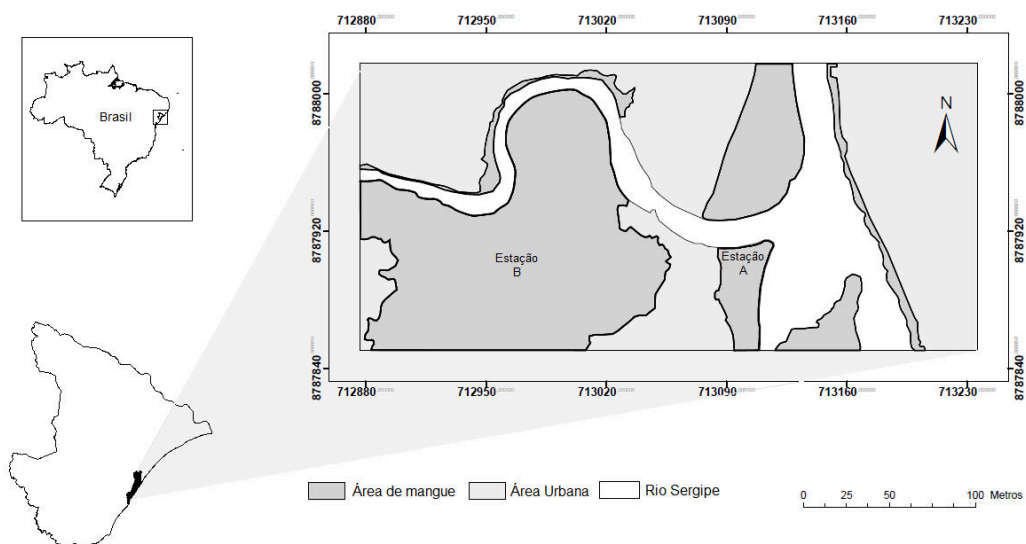


FIGURA 1 - Localização das Estações de estudo no estuário do rio Sergipe

A vegetação da região estuarina-lagunar do rio Sergipe é formada por espécies vegetais de *Rhizophora mangle* L., *Lagunculária racemosa* (L.) Gaertn, *Avicennia germinans* (L.) Stearn. e *Avicennia shaueriana* Stapft & Leechm, com dominância da primeira espécie na zona próxima a desembocadura do rio e das demais na porção superior do rio (ARAÚJO, 2009), sendo também encontrada a espécie *Conocarpus erectus* (L.), nas zonas de transição.

Coleta e Análises física e química do solo

Em cada Estação foram selecionados 15 (quinze) pontos amostrais, sendo 05 (cinco) localizados no Bosque de Franja, à margem do rio, 05 (cinco) no Bosque de Bacia, interior da floresta, e 05 (cinco) no Bosque de Transição, limite com ecossistema adjacente, nos quais se realizou a coleta de 0,5 kg de solo, na profundidade de 0-20cm. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos, etiquetadas, acondicionadas em gelo e encaminhadas ao laboratório para posteriores análises.

As medidas do pH do solo foram realizadas in situ, em cada ponto amostral, na superfície saturada de água. A granulometria dos solos amostrados foi determinada pelo método do densímetro e, com base nos percentuais de areia, silte e argila, determinou-se a textura do solo pelo triângulo de classificação textural (SANTOS e LEMOS, 2005). Para fins de cálculo os teores de areia fina e grossa foram somados e considerados como areia.

As análises químicas foram realizadas em amostra de terra fina seca em estufa a 40°C, sendo determinados os teores de Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}), Alumínio (Al^{3+}), Sódio (Na), Potássio (K^{+}), Hidrogênio (H^{+}), e Fósforo (P^{3-}), de acordo com a metodologia descrita pela EMBRAPA (1997). Os micronutrientes Ferro (Fe^{2+}), Cobre (Cu^{2+}), Manganês (Mn^{2+}) e

Zinco (Zn^{2+}) foram determinados por absorção atômica, segundo a metodologia de Silva (1999).

Com base nos resultados das análises químicas, foram calculados a Capacidade de Troca Catiônica (CTC), a Soma de Bases Trocáveis (SB), a Saturação por Sódio (PST) e o Índice de Saturação de Bases (V%) do solo.

Tratamento dos dados

Os tratamentos foram esquematizados em fatorial 2 x 3 (estações x bosques), com 05 (cinco) repetições. Os dados das análises físicas e químicas do solo dos bosques, de cada estação, foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e as médias comparadas utilizando o Teste de Tukey, a 5% de probabilidade, pelo programa computacional ASSISTAT, versão 7.5 (SILVA e AZEVEDO, 2005). As médias das variáveis foram projetadas no Primeiro Plano Fatorial, com a finalidade de verificar possíveis diferenças grupais, possibilitando visualizar as correlações positivas ou negativas entre os elementos químicos analisados no solo do manguezal da área de estudo.

Resultados

Textura, Matéria Orgânica e pH do solo

A distribuição das partículas do solo do manguezal do estuário do Rio Sergipe variou entre as zonas fisiográficas, sendo que no Bosque de Franja e no Bosque de Bacia a fração granulométrica que predominou foi o silte, com valores intermediários de areia e inferiores de argila. Já no Bosque de Transição a fração granulométrica que predominou foi a areia, com valores intermediários de silte e inferiores de argila (Tabela 1).

TABELA 1 - Valores médios de matéria orgânica e frações granulométricas do solo do manguezal do Estuário do rio Sergipe

Estação/Bosque	pH	M.O. (g.dm ⁻³)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classificação
ESTAÇÃO A						
Franja	7,28	26,78bA	36,01aB	62,51aA	1,48bB	Franco siltoso
Bacia	7,01	37,08aA	31,94aB	61,50aA	6,56aA	Franco siltoso
Transição	6,32	24,90bA	75,54aA	19,33aB	5,13aA	Franco arenosa
ESTAÇÃO B						
Franja	7,36	56,12aA	28,56aB	61,86aA	9,58aA	Franco siltoso
Bacia	7,48	39,56aA	36,31aB	57,49aA	6,20aB	Franco siltoso
Transição	7,62	43,48aA	70,41aA	25,55aB	4,04aB	Areia Franca
CV%		28,39	19,02	18,25	32,47	

CV = Coeficiente de Variação; Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas, na vertical, comparando as médias dos bosques em diferentes zonas fisiográficas para a mesma estação, e as letras minúsculas, comparando as médias entre as estações para o mesmo tipo de bosque, não diferem significativamente pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Os teores médios de Matéria Orgânica (M.O.) se apresentaram dentro da média identificada em outros manguezais (CUZZUOL e CAMPOS, 2001), variando de 24,90 a 56,12 g.dm⁻³, sendo que de maneira geral, a Estação A apresentou maiores concentrações de M.O. do que a Estação B (Tabela 1).

Macronutrientes e Micronutrientes

Os macronutrientes apresentaram a seguinte ordem decrescente de concentração: Na⁺ > Mg²⁺ > Ca²⁺ > H⁺ > K⁺ > P³⁻ > Al³⁺ (Tabela 2), sem diferenças significativas na comparação do P³⁻ entre as estações e as zonas fisiográficas.

TABELA 2 - Valores médios de macronutrientes nas amostras de solo do manguezal do Estuário do rio Sergipe

Estação/Bosque	P Mg.dm ⁻³	Ca	Mg	Ca + Mg	Al	Na Cmolc.dm ³	K	H + Al	SB	CTC	PST %	V %
ESTAÇÃO A												
Franja	25,02aA	12,67aA	9,02bA	17,34bA	0,08aA	28,92bA	1,42bA	1,67bA	49,86bA	51,50bA	56,16bA	96,74aA
Bacia	27,76aA	10,82aA	12,42aA	23,22aA	0,23bA	33,58aA	1,48aA	2,51bA	58,30aA	60,82aA	55,16bAB	95,76aA
Transição	19,06aA	3,43bB	7,31aA	10,74bB	0,25aA	15,98bB	0,80aB	3,22aA	27,52bB	30,74bB	51,88bB	89,34bB
ESTAÇÃO B												
Franja	22,88aA	14,18aA	17,62aA	31,80aA	1,07aB	58,00aA	1,98aA	4,55aAB	91,82aA	96,34aA	60,10aA	95,26aA
Bacia	26,56aA	8,16aB	8,11aB	16,26bB	4,74aA	38,48aB	0,89bB	6,58aA	55,64aB	62,24aB	61,56aA	89,36bB
Transição	26,44aA	9,07aAB	11,07aB	20,14aB	0,32aB	29,28aB	1,11aB	2,40aB	50,54aB	52,92aB	55,10aB	95,84aA
CV%	23,73	33,81	33,70	20,64	85,77	19,18	23,12	39,80	17,73	17,05	4,20	2,31

SB = Soma de Bases; CTC = Capacidade de Troca Catiônica; PST = Saturação por Sódio; V = Índice de saturação por bases; CV = Coeficiente de Variação; Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas, na vertical, comparando as médias dos bosques em diferentes zonas fisiográficas para a mesma estação, e as letras minúsculas, comparando as médias entre as estações para o mesmo tipo de bosque, não diferem significativamente pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Na Figura 2 estão representadas as projeções das variáveis no primeiro plano fatorial, com a finalidade de verificar as correlações positivas ou negativas entre os elementos químicos analisados no solo do manguezal da área de estudo. Pode-se verificar a formação de 3 grupos de variáveis, com elevadas correlações positivas entre si, o primeiro representado pelos teores de Matéria Orgânica, Silte, Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} , SB e CTC; O segundo pelo P^{3-} , Zn^{2+} e Cu^{2+} ; e o terceiro pelo H^+ e o Al^{3+} , sendo que cada grupo de variável apresenta-se fracamente correlacionado com os outros grupos de variáveis (que apresentam forte correlação negativa entre si). O eixo traduz a oposição entre o teor de areia e o restante das variáveis, haja vista que esta fração possui menor superfície específica, dificultando a aderência a materiais orgânicos, ricos em nutrientes.

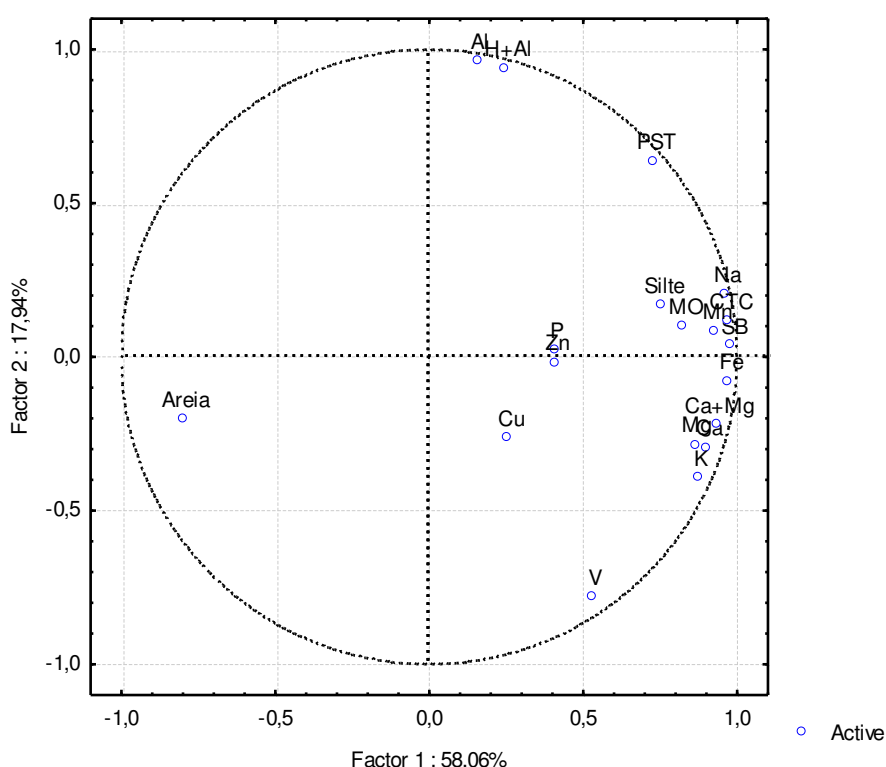


FIGURA 2 - Projeção dos elementos químicos do solo do manguezal do Estuário do rio Sergipe no primeiro plano fatorial.

Os teores de Alumínio (Al^{3+}) foram relativamente baixos, fato que pode ser explicado pela capacidade de armazenamento deste elemento no dossel dos manguezais (OXMANN et al., 2009). O Ferro (Fe^{2+}) e o Manganês (Mn^{2+}) apresentaram uma forte correlação positiva com o teor de matéria orgânica (Figura 2). Sendo que nos Bosques de Franja e Transição da Estação B os teores de Fe^{2+} e Mn^{2+} foram significativamente maiores que os mesmos bosques da Estação A. E comparando as zonas fisiográficas, os Bosques de Franja e Bacia

apresentaram as maiores concentrações, associada aos maiores teores de matéria orgânica (Tabela 3).

TABELA 3 - Valores médios de micronutrientes (mg.dm⁻³) nas amostras de solo de ambas as estações, do manguezal do Estuário do rio Sergipe.

Estação/Bosque	Fe	Cu	Mn	Zn
ESTAÇÃO A				
Franja	2921,84bA	1,24aA	38,03bA	8,48aA
Bacia	2875,02aA	0,66aA	37,69aA	8,91aA
Transição	758,24bB	0,84bA	3,53aB	3,08bA
ESTAÇÃO B				
Franja	3861,88aA	1,96aAB	78,02aA	15,04aA
Bacia	2471,18aB	1,22aB	33,87aB	14,82aA
Transição	2165,28aB	3,06aA	8,80aC	24,49aA
CV%	18,95	73,48	33,83	109,53

CV = Coeficiente de Variação; Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas, na vertical, comparando as médias dos bosques em diferentes zonas fisiográficas para a mesma estação, e as letras minúsculas, comparando as médias entre as estações para o mesmo tipo de bosque, não diferem significativamente pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Discussão

Textura, Matéria Orgânica e pH do solo

Em termos médios, observou-se baixos teores de argila e elevada quantidade de areia e silte, como também observado por Nayar et al. (2006) em Pichavaram, costa oeste da Índia; Prasad e Ramanatham (2008) em Ponggol, nordeste de Cingapura; e Cuzzuol e Rocha (2012) na Bahia, Brasil.

A maior concentração das partículas de areia nos Bosques de Transição pode estar vinculada a influência do continente, agindo como fonte de partículas grossas, transportadas pela ação dos ventos e da chuva, além de haver maior remoção de partículas grossas do Bosque de Franja e Bacia, pela lavagem promovida pela maré.

A distribuição das partículas do solo ocorreu de forma homogênea, configurando um caráter mais siltoso aos Bosques de Franja e Bacia, apresentando como classificação textural Franco-Siltoso e para o Bosque de Transição, que apresentou a particularidade de predominância da fração areia, classificada texturalmente como Franco Arenosa e Areia Franca (Tabela 1).

As alterações observadas entre os teores de matéria orgânica da Estação A e da Estação B estão associadas à hidrodinâmica do rio, haja vista que o Bosque da estação B onde foram observados valores significativamente maiores, está localizado em uma região de mais baixa energia, do que a Estação A, o que favorece o acúmulo de sedimentos e proporciona melhor preservação dos resíduos orgânicos, possibilitando uma melhor ciclagem de

nutrientes, confirmada pelos maiores valores de Soma de Bases (SB) e Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e Saturação por sódio (PST) (Tabela 2).

Macronutrientes e Micronutrientes

A similaridade na tendência de variações encontradas entre a matéria orgânica e os elementos: Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} , fato relacionado ao conteúdo orgânico do solo (Figura 2), que após decomposto e mineralizado, torna-se fonte de nutrientes para os manguezais e os ecossistemas adjacentes. O Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+ apresentaram concentrações significativamente maiores nas porções mais próximas ao curso d'água (Franja e Bacia), pela maior ciclagem de nutrientes, tendo como vias principais a contribuição via serapilheira e pela frequente deposição de material orgânico através do curso d'água.

Os Bosques de Transição apresentaram valores significativamente inferiores de cálcio (Tabela 2), ocasionado pela menor quantidade de carcaças de crustáceos e conchas nesta zona, por causa da distância do curso d'água, que após a decomposição, representa a principal fonte de Ca dos manguezais.

A saturação por bases (V) e a saturação por sódio (PST) apresentaram-se fracamente correlacionadas com a soma de bases e o sódio, respectivamente, pelo fato destas apresentarem proporcionalidade inversa com a capacidade de troca catiônica (CTC) (Figura 2). Em todas as zonas fisiográficas o solo foi caracterizado como sódico, ou seja, porcentagem de saturação por sódio (PST) em relação à capacidade de troca de cátions superior ou igual a 15%, alcançando valores médios de até 61,56% (Tabela 2), salientando a alta influência do sódio (Na^{2+}) no complexo trocável do solo.

Ao ser analisada a interação entre a matéria orgânica e a CTC do solo foi verificado que estes parâmetros encontram-se estritamente relacionados, observando os maiores valores de CTC associados aos valores mais elevados de MO. Essas observações demonstram que a adsorção dos contaminantes está diretamente relacionada à matéria orgânica presente no solo (RAMOS et al. 2007).

A correlação positiva entre os teores de Fe^{2+} e Mn^{2+} e matéria orgânica (Figura 2), se explica pela oxidação da matéria orgânica do solo, tendo consequentemente formas menos cristalinas de óxidos de Fe^{2+} e Mn^{2+} , as quais são mais facilmente reduzidas, aumentando assim a concentração e a disponibilidade do Fe^{2+} e do Mn^{2+} no solo. A fraca correlação observada entre o Cu^{2+} e Zn^{2+} com o Fe^{2+} e Mn^{2+} pode ser explicado por responderem de maneira inversa à inundação, sendo que o Cu^{2+} e Zn^{2+} têm suas concentrações decrescidas quando submetidos à inundação.

A interação observada entre o P^{3-} , Zn^{2+} e Cu^{2+} (Figura 2) pode ser explicada pela geoquímica destes elementos, que apresentam seu comportamento influenciado pela

inundação, sendo liberados (por precipitação ou lixiviação) ou retidos de acordo com a entrada e saída da coluna d'água e consequente variação nos teores de oxigênio (LIMA et al., 2005; MARINS et al., 2007).

As concentrações de P^{3-} encontradas no estuário da bacia hidrográfica do rio Sergipe foram semelhantes aos valores encontrados por MARINS et al. (2011), em condições de densidade urbana elevada e ausência de viveiros de carcinocultura nas proximidades, salientando como principais entradas de P^{3-} no sistema: as contribuições naturais, oriundos da deposição atmosférica e perda de solo; e as contribuições antrópicas, vinculadas aos impactos da ocupação urbana, como despejo de esgotos.

Conclusões

1) Os manguezais da foz do rio Sergipe apresentaram predominância da fração silte no solo, com uma tendência de aumentar a porcentagem de areia no sentido da floresta de transição, por fonte continental;

2) Os elevados teores de matéria orgânica estiveram associados às concentrações de Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} , por atuar como fonte desses elementos e estes mesmos responderem positivamente as condições locais.

3) Os teores de matéria orgânica foram significativamente maiores nas porções mais próximas ao curso d'água, pela maior deposição de materiais orgânicos, carreados pela movimentação das águas estuarinas;

4) Os manguezais da foz do rio Sergipe possuem alta concentração de metais pesados, pelos efeitos da alta atividade antrópica, com destaque para o Fe^{2+} e o Mn^{2+} , com valores acrescidos com a inundação, tendo os teores de Cu^{2+} , e Zn^{2+} um comportamento inverso.

5) Os valores elevados de bases trocáveis (Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}) conduz a valores elevados SB, CTC e V, propiciando um comportamento eutrófico ao solo.

Referências bibliográficas

ARAÚJO, H.M. de. **Cobertura Vegetal, Uso do Solo e Ocupação da Terra na Bacia Costeira do Rio Sergipe**. In: XII Encontro de Geógrafos da América Latina, 2009, Montevideo. Anais do XII Encontro de Geógrafos da América Latina. Montevideo, 2009.

CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO. **LEI Federal Nº 4.771**, de 15 de setembro de 1965.

CUZZUOL, G.R.F.; CAMPOS, A. Aspectos nutricionais na vegetação de manguezal do estuário do Rio Mucuri, Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 2, p. 227-234, 2001.

CUZZUOL, G.R.F.; ROCHA, A.C. Interação do regime hídrico com as relações nutricionais em ecossistema manguezal. **Acta Botanica. Brasileira**, v.26, n.1, p. 11-19, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Procedimentos normativos de levantamentos de pedológicos**. Brasília, 1995. 101p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 221p.

FERREIRA, T.O.; P.; OTERO, X.L.; MACIAS, F. Are mangrove forest substrates sediments or soils? A case study in southeastern Brazil.. **CATENA**, v. 70, p. 79-91, 2007.

FERREIRA, T.O.; OTERO, X.L.; DE SOUZA, V.S.; VIDAL-TORRADO, P.; MACIAS, F.; FIRME, L.P. Spatial patterns of soil attributes and components in a mangrove system in Southeast Brazil (So Paulo). **Journal of Soils and Sediments**, v.10, p. 995-1006, 2010.

HAY, J.D.; LACERDA, L.D. Ciclagem de nutrientes no ecossistema restinga. **In Restinga: origem, estrutura, processos** (L.D. Lacerda, D.S.D. Araújo, R. Cerqueira & B. Turq, eds.). CEUFF, Niterói. 1984, p.461-477.

LACERDA, L.D. Trace Metals Biogeochemistry and Diffuse Pollution in Mangrove Ecosystems. ISME. **Mangrove Ecosystems Occasional Papers**, n 2, 65p, 1998.

LACERDA, L.D. Trace metals in mangrove plantas: why such low concentrations? **In Mangrove ecosystem studies in Latin America and Africa** (B. Kjerfve, L.D. Lacerda & H.S. Diop, eds.). Unesco, Paris, 1997. p.171-178.

LIMA, H.N.; MELLO, J.W.V.de; SCHAEFER, C.E.G.R.; KER, J.C. Dinâmica da mobilização de elementos em solos da Amazônia submetidos à inundação. **Acta Amazônica**, v. 35, n. 3, p. 317-330, 2005.

LUGO, A.E.; SNEDAKER, S.C. The ecology of mangroves. **Annual Reviews of Ecology and Systematics**, v. 5, p. 39-64, 1974.

MACÊDO, L.C.; NASCIMENTO, N.S.; NETTO, A.O.A.; FERREIRA, R.A. Diagnóstico sócio-ambiental da sub-bacia hidrográfica do rio proxim-mirim, Sergipe. **Magistra**, v.20, n.4, p. 389-397, 2008.

MARINS, R.V.; PAULA FILHO, F.J. de; ROCHA, C.A.S. Phosphorus geochemistry as a proxy of environmental estuarine processes at the Jaguaribe River, Northeastern Brazil. **Química Nova**, v.30, n.5, p.1208-1214, 2007.

MARINS, R.V.; PAULA FILHO, F.J.; ESCHRIQUE, S.A.; LACERDA, L.D. Anthropogenic sources and distribution of phosphorus in sediments from the Jaguaribe River estuary, NE, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v.71, n.3, p.673-678, 2011.

OLIVEIRA, O.M.C.D.; CRUZ, M.J.M.; QUEIROZ, A.F.D.S. Comportamento geoquímico de metais em sedimentos de manguezal da Baía de Camamu- Bahia. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v.13, n.2, p.1-8, 2010.

OXMANN, J.; PHAM, Q.; SCHWENDENMANN, L.; STELLMAN, J.; LARA, R. Mangrove reforestation in Vietnam: the effect of sediment physicochemical properties on nutrient cycling. **Plant Soil**, v.326, p.225–241, 2009.

PRASAD, M. B. K.; RAMANATHAN, A. L. Sedimentary nutrient dynamics in a tropical estuarine mangrove ecosystem. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 80, n. 1, p. 60-66, 2008.

REEF, R.; FEELER, I.C; LOVELOCK, C.E. Nutrition of mangroves. **Tree physiology**, v.30, p.1148-1160, 2010.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; Manual **de descrição e coleta de solo no campo**. 5.ed. revisada e ampliada. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Embrapa-SNLCs, 2005. 92p.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar**. São Paulo: USP, Instituto Oceanográfico, 1995. 64p.

SHERMAN, R.E.; FAHEY, T.J.; HOWARTH, R.W. Soil-plant interactions in a neotropical mangrove forest: iron, phosphorus and sulfur dynamics. **Oecologia**, v.115, p.553–563, 1998.

SILVA, F.A.S.E.; AZEVEDO, C.A.V. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. **In:WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE**, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.

SOARES, J.A. **O Rio Poxim, processo urbano e meio ambiente**. 2001. 67 f. Monografia (Especialização em Gestão de Recursos Hídricos em Meio Ambiente). Universidade Federal de Sergipe.

VASQUES, R.O.; TONINI, W.C.T.; CUEVAS, J.M.; SANTOS, D.F.; FARIA, T.A.; FALCÃO, F.de C.; SIMÕES, D.dos R.; BATISTA, R.L.G.; COUTO, E.daC.G. Utilização das Áreas de Manguezais em Taipús de dentro (Maraú, Sul da Bahia). **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v.11, n.2, p.155-161, 2011.

5. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Podem-se evidenciar as variações que ocorrem na textura do solo dos manguezais a depender da sua localização, tendo sua constituição vinculada aos ecossistemas adjacentes. Tendo em vista que as florestas de mangue do Estuário do rio Sergipe, que faz transição com o ecossistema praial, receberam maior contribuição de sedimentos grossos, predominando um caráter arenoso ao solo e as florestas de mangue do Estuário do rio São Francisco, que faz transição com o ecossistema de restinga, apresentaram um caráter siltoso ao solo.

O elevado conteúdo orgânico dos solos dos manguezais pode ser atribuído à baixa taxa de decomposição destes solos, pela condição anoxa do solo, que causa uma acumulação de resíduos orgânicos depositados pelo curso d'água e pela serapilheira. Esses elevados teores de matéria orgânica do solo apontam para uma elevada fertilidade do solo, contribuindo assim para o enriquecimento das águas marinhas e ecossistemas adjacentes.

A matéria orgânica apresenta forte correlação com praticamente todos os elementos químicos analisados, por atuar como principal fonte de macro e micronutrientes e interferir indiretamente na disponibilidade dos mesmos, devido à elevação do pH.

As fontes de K^+ e Mg^{2+} relacionam-se ao aporte marinho-fluvial das micas primárias (biotitas e muscovitas); As principais entradas de Ca^{2+} são oriundas da decomposição das carcaças de crustáceos, em forma de carbonatos de cálcio e fosfatos de cálcio; Os sais observados no manguezal grande parte encontram-se atrelados a fontes marinhas.

No estuário do rio Sergipe observou-se grande concentração de material orgânico e dos metais pesados, Fe^{2+} e Mn^{2+} , quando comparado ao estuário do rio São Francisco, fato que pode estar associado à existência de despejos de esgotos nas proximidades das Estações de coleta e pelas atividades industriais exercidas ao longo da bacia hidrográfica.

Em relação à zonation, a espécie *R. mangle* predomina em ambos os estuários, associada à elevada fertilidade do solo. Com maior ocorrência de indivíduos de *Avicennia* spp. e *L. racemosa* no Estuário do rio Sergipe, pela maior tolerância à sais suportada por essa espécie.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEMA. **Levantamento da Flora e caracterização dos Bosques de mangues do Estado de Sergipe**. (Relatório Final). Aracaju, 1984.

ALMEIDA, F.C.; A.S. RIBEIRO. A esfera pública e a devastação dos manguezais aracajuanos, Sergipe, Brasil. REDE - **Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, vol.3, n.1, pág. 23-41, 2009.

ALONGI, D.M.; SASEKUMAR, A.; CHONG, V.C.; PFITZNER, J.; TROTT, L.A.; TIRENDI, F.; DIXON, P.; BRUNSKILL, G.J. Sediment accumulation and organic material flux in a managed mangrove ecosystem: estimates of land-ocean-atmosphere exchange in peninsular Malaysia. **Marine Geology**, vol. 208, pág. 383-402, 2004.

ALONGI, D.M. Zonation and seasonality of benthic primary production and community respiration in tropical mangrove forests. **Oecologia**, vol. 98, pág. 320-327, 1994.

ALONGI, D.M.; CLOUGH, B.F.; DIXON, P.; TIRENDI, F. Nutrient partitioning and storage in arid-zone forests of the mangroves *Rhizophora stylosa* and *Avicennia marina*. **Trees Struct. Funct.**, vol. 17, pág.51-60, 2003.

ALONGI, D.M.; TROTT, L.; WATTAYAKORN, G.; CLOUGH, B.F. Below-ground nitrogen cycling in relation to net canopy production in mangrove forests of southern Thailand. **Mar. Biol.**, vol. 140, pág. 855-864, 2002.

ALONGI, D.M.; WATTAYAKORN, G.; PFITZNER, J.; TIRENDI, F.; ZAGORSKIS, I.; BRUNSKILL, G.J.; DAVIDSON, A.; CLOUGH, B.F. Organic carbon accumulation and metabolic pathways in sediments of mangrove forests in southern Thailand. **Mar. Geol.**, vol. 179, pág. 85-103, 2001.

ALVES, N.M.S.; FONTES, A.L.; SILVA, D.B.; ALMEIDA, J.A.P. Dinâmica geoambiental, processos morfodinâmicos e uso das terras em Brejo Grande, Baixo São Francisco – Sergipe. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. vol.8, n.2, pág.11-21. 2007.

ALVES, R.R.N.; ROSA, I.L. Zootherapeutic practices among fishing communities in North and Northeast Brazil: A comparison. **J. Ethnopharmacol.** vol. 111, pág. 82-103, 2007.

AMÂNCIO, S.G. de. **Influência da evolução costeira holocênica na ocupação da costa do estado de Sergipe por Grupos Sambaquieiros**. Salvador: IGEO/ UFBA, 2001 (Dissertação de Mestrado).

ARAÚJO, H.M.de. Cobertura Vegetal, Uso do Solo e Ocupação da Terra na Bacia Costeira do Rio Sergipe. In: XII Encontro de Geógrafos da América Latina, 2009, Montevideo. **Anais do XII Encontro de Geógrafos da América Latina**. Montevideo, 2009.

ARAÚJO, H.M.de; BEZERRA, G.dosS.; OLIVEIRA, A.M.A. Biodiversidade na região estuarina da bacia inferior do rio Sergipe. In: III Workshop Internacional sobre Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas, 2011, Fortaleza. **Anais do III Workshop Internacional sobre Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas**, 2011.

- BALL, M.C.; CHOW, W.S.; ANDERSON, J.M. Salinity-induced potassium deficiency causes loss of functional photosystem II in leaves of the grey mangrove, *Avicennia marina*, through depletion of the atrazine-binding polypeptide. **Funct. Plant Biol.**, vol. 14, pág.351–361, 1987.
- BELLIGOTTI, F.M; CARREIRA, R.S.; SOARES, M.. Contribuição ao Estudo do Aporte de Matéria Orgânica em Sistemas Costeiros: Hidrocarbonetos Biogênicos em Folhas de Mangue. **Geochimica Brasiliensis** (Rio de Janeiro), vol. 21, pág. 71-85, 2007.
- BIRCH, G.F; CRUICKSHANK, B.; DAVIS, B. Modelling nutrient loads to Sydney estuary (Australia). **Environ Monit Assess**, vol. 167, pág. 333–348, 2010.
- BITTENCOURT, A.C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L.; MOITA FILHO, O. Variações texturais induzidas pelo vento nos sedimentos da face da praia (Praia de Atalaia, Piauí). **Revista Brasileira de Geociências**, vol. 20, pág. 201-207, 1990.
- BOTO, K.G.; BUNT, J.S. Tidal export of particulate organic matter from a northern Australian mangrove system. **Estuar. Coast. Shelf. Sci.** vol. 13, pág 247–251, 1981.
- BRASIL. **Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do São Francisco, Sub-projeto 4.5C** – Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Francisco – PBHSF (2004-2013). Controle de cheias. Estudo Técnico de Apoio nº 10 (ANA/GEF/PNUMA/OEA). Brasília: SUM/ANA, 2004. 58p.
- BUNT, J.S. Mangrove zonation: an examination of data from seventeen riverine estuaries in tropical Australia. **Annals of Botany**, vol. 78, pág. 333 – 341, 1996.
- BUNT, J.S. Overlap in mangrove species zonal patterns: some methods of analysis. **Mangroves and Salt Marshes**, vol. 3, pág. 155–164, 1999.
- CAMARGO, F.A.O.; SANTOS, G.A.; ZONTA, E. Alterações eletroquímicas em solos inundados. **Ciência Rural**, v.29, n.1, p. 171-179, Santa Maria, 1999.
- CAMARGO, F.A.O.; SANTOS, G.A.; ROSSIELLO, R.O.P.; Produção de ácidos orgânicos voláteis pela planta de arroz sob condições anaeróbias. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, vol. 17, n. 3, pág. 337-342, 1993.
- CINTRÓN, G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Introduccion a la ecologia del manglar**. Montevideo: Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la Unesco para América Latina y el Caribe, 1983. 109p.
- CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO. **LEI Federal Nº 4.771**, de 15 de setembro de 1965.
- COELHO JUNIOR, C. **Manguezal, Desenvolvimento estrutural da cobertura vegetal ao longo de gradientes de inundação, município de Cananéia, São Paulo, Brasil**. São Paulo, 1998. 108p. Dissertação (Mestrado) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- COELHO JUNIOR, C.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Considerações teóricas e práticas sobre o impacto da carcinicultura nos ecossistemas costeiros brasileiros, com ênfase no ecossistema manguezal. In: **CONFERÊNCIA INTERNACIONAL MANGROVE; SUSTENTABILIDADE DE ESTUÁRIOS E MANGUEZAIS: DESAFIOS E PERSPECTIVAS**. Recife: UFPE, 2000.

COHEN, M.C.L.; LARA, R.J.; RAMOS, J.F.daF; DITTMAR, T. Factors influencing the variability of Mg, Ca and K in waters of a mangrove creek in Bragança, North Brazil. **Mangroves and salt Marshes**, vol. 3, n. 1, pág. 9-15, 1999.

CONDESE/SUDENE. **Zoneamento ecológico-florestal do Estado de Sergipe**. Aracaju: Gráfica Sercore, 1976. p. 108.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTAL – CONAMA. 2005. **Resolução CONAMA nº 357**. Disponível em: <www.mma.conama.gov.br/conama> Acesso em 25/05/2012.

CORREDOR, J.; MORELL, J. Nitrate depuration of secondary sewage effluents in mangrove sediments. **Estuar. Coasts**, vol.17, pág. 295–300, 1994.

COTTA, J.A.O.; REZENDE, M.O.O.; PIOVANI, M.R. Avaliação do teor de metais em sedimento do rio Betari no parque Estadual Turístico do Alto Ribeira – PETAR, São Paulo, Brasil. **Química Nova**, vol. 29, n. 1, pág. 40-45, 2006.

CUZZUOL, G.R.F.; CAMPOS, A. Aspectos nutricionais na vegetação de manguezal do estuário do Rio Mucuri, Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, vol. 24, n. 2, pág. 227-234, 2001.

CUZZUOL, G.R.F.; ROCHA, A.C. Interação do regime hídrico com as relações nutricionais em ecossistema manguezal. **Acta Botanica. Brasilica**, vol.26, n.1, pág. 11-19, 2012.

DAVIS, S.E.; CORRONADO-MOLINA, C.; CHILDERS, D.L.; DAY, J.W. Temporally dependent C, N, and P dynamics associated with the decay of *Rhizophora mangle* L. leaf litter in oligotrophic mangrove wetlands of the Southern Everglades. **Aquat. Bot.**, vol. 75, pág. 199–215, 2003.

DIAS, T.L.P. **Os Peixes, a Pesca e os Pescadores da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Ponta do Tubarão (Macau-Guamaré/RN), Brasil**. Tese. Universidade Federal de Paraíba. João Pessoa, PB, Brasil. 162 pp. 2006.

DUKE, N.C.; BALL, M.C.; ELLISON, J.C. Factors influencing in mangroves biodiversity and distributional gradients, **Global Ecology and Biogeography Letters**, vol.7, pág 27- 47, 1998.

ELSER, J.J.; A. HAMILTON. Stoichiometry and the new biology: the future is now. **Plos Biol.**, vol. 5: pág. 181, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Procedimentos normativos de levantamentos de pedológicos**. Brasília, 1995. 101p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 221p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. **Solo: Substrato da Vida**. Embrapa, Brasília, 2006. 150p.

FERNANDES, A.J; PERIA, L.C.S. Características do ambiente. In: SCHAEFFER-NOVELI, Y. (Coord.) **Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar**. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1995. Pág. 13-15.

FERNANDES, M.E.B.; NASCIMENTO, A.A.M.; CARVALHO, M.L. Estimativa da produção anula de serapilheira dos bosques de mangue no Furo Grande, Bragança – Pará. **Revista Árvore**, vol. 31, n. 5, pág. 949 – 958, 2007.

FERREIRA, T.O.; P.; OTERO, X.L.; MACIAS, F. Are mangrove forest substrates sediments or soils? A case study in southeastern Brazil. **CATENA**, vol. 70, pág. 79-91, 2007.

FERREIRA, T.O.; OTERO, X.L.; DE SOUZA, V.S.; VIDAL-TORRADO, P.; MACIAS, F.; FIRME, L.P. Spatial patterns of soil attributes and components in a mangrove system in Southeast Brazil (So Paulo). **Journal of Soils and Sediments**, vol. 10, pág. 995-1006, 2010.

FONTES, A.L. **Aspectos da geomorfologia costeira no norte do Estado de Sergipe**. In: Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira, 1990.

FRIESS, D.A.; WEBB, E.L. Bad data equals bad policy: how to trust estimates of ecosystem loss when there is so much uncertainty? **Environmental Conservation**, vol.38, pág. 1-5, 2011.

FRUEHAUF, S.P. **Rhizophora mangle (Mangue vermelho) em áreas contaminadas de manguezal na Baixada Santista**. 2005. 223 p. Tese (doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.

GARCIA, C.A.B.; ALVES, J.P.H.; AGUIAR NETTO, A.O. et al. A qualidade da água e uso do solo na sub – bacia hidrográfica do rio Poxim-Mirim, Sergipe. In: **SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE**, 2006, Gravata: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Resumos... v. 1, p. 1-11. 2006.

GOOGLE, **Programa Google Earth**, 2010.

HAMACHER, C. **Fluxo de materiais entre manguezais e áreas adjacentes. Estudo de caso: Guaratiba, RJ, Brasil**. 2001. 163 p. Tese (Doutorado) - Pontifícia Universidade Católica (PUC - RJ). Rio de Janeiro. 2001.

HAY, J.D.; LACERDA, L.D. Ciclagem de nutrientes no ecossistema restinga. In **Restinga: origem, estrutura, processos** (L.D. Lacerda, D.S.D. Araújo, R. Cerqueira & B. Turq, eds.). CEUFF, Niterói. 1984, p.461-477.

HOGART, P.J. **The biology of mangroves**. New York: Oxford University Press, 1999. 218p.

HUTCHINGS, P.A.; SAENGER, P. **Ecology of mangroves**. University of Queensland Press, Brisbane. 1987. 388 pp.

INOUE, T.; NOHARA, S.; TAKAGI, H.; ANZAI, Y. Contrast of nitrogen contents around roots of mangrove plants. **Plant Soil**, vol. 339, pág. 471–483, 2011.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Unidades de conservação ambiental e áreas correlatas no estado de São Paulo**. São Paulo, Divisão de Minas e Geologia Aplicada. 1ª edição, 1988.

JENNERJAHN, T.C.; ITTEKOT, V. Relevance of mangroves for the production and deposition of organic matter along tropical continental margins. **Naturewissenschaften**, vol. 89, pág. 22–30, 2002.

- KRAUSS, K.W.; FRIESS, D.A. World Atlas of Mangroves. Spalding, M., M. Kainuma, and L. Collins. 2010 World Atlas of Mangroves. Earthscan, London, UK. 319 p. (hardcover). **Wetlands**, vol. 31, pág. 1003–1005, 2011.
- KRAUSS, K.W., KEELAND, B.D.; ALLEN, J.A.; EWEL, K.C.; JOHNSON, D.J. Effects of season, rainfall, and hydrogeomorphic setting on mangrove tree growth in Micronesia. **Biotropica**, vol. 39, pág. 161–170, 2006.
- KRISTENSEN, E.; BOUILLON, S.; DITTMAR, T.; MARCHAND, C. Organic carbon dynamics in mangrove ecosystems: a review. **Aquat. Bot.**, vol. 89, pág. 201–219, 2008.
- LACERDA, L.D. Trace Metals Biogeochemistry and Diffuse Pollution in Mangrove Ecosystems. ISME. **Mangrove Ecosystems Occasional Papers**, nº 2, 65p, 1998.
- LACERDA, L.D. Trace metals in mangrove plantas: why such low concentrations? In **Mangrove ecosystem studies in Latin America and Africa** (B. Kjerfve, L.D. Lacerda & H.S. Diop, eds.). Unesco, Paris, 1997. p.171-178.
- LACERDA, S.R. **Variação diurna e sazonal do fitoplâncton no estuário do rio Paripe (Itamaracá, Pernambuco, Brasil)**. Dissertação de Mestrado, UFPE, Recife, 146p. 1994.
- LANDIM, M., GUIMARÃES, C.P. **Manguezais do rio Sergipe**. In: J. P. H. ALVES (Orgs.). Rio Sergipe: importância, vulnerabilidade e preservação. Aracaju: Ós Editora, 2006, p.195.
- LARCHER, W. Ecofisiologia Vegetal. RIMA. São Carlos. 531p. NULTSCH, W. (2000) **Botânica Geral**. ARTMED. Porto Alegre. 489p, 2000.
- LEE, S.Y. Mangrove outwelling: a review. **Hydrobiologia**, vol. 295, pág. 203–212, 1995.
- LIMA, H.N.; MELLO, J.W.V.de; SCHAEFER, C.E.G.R.; KER, J.C. Dinâmica da mobilização de elementos em solos da Amazônia submetidos à inundação. **Acta Amazônica**, vol. 35, n. 3, pág. 317-330, 2005.
- LIN, C.; MELVILLE, M.D. Mangrove soil: A potential contamination source to estuarine ecosystem of Australia. **Wetlands**, vol. 11, n. 2, pág. 68-75, 1992.
- LUGO, A.E.; SNEDAKER, S.C. **The ecology of mangroves**. Annual Reviews of Ecology and Systematics, vol. 5, pág. 39-64, 1974.
- MACÊDO, L.C.; NASCIMENTO, N.S.; NETTO, A.O.A.; FERREIRA, R.A. Diagnóstico sócio-ambiental da sub-bacia hidrográfica do rio poxim-mirim, Sergipe. **Magistra**, vol. 20, n. 4, pág. 389-397, 2008.
- MAIA, L.P.; LACERDA, L.D. de; UCHOA, L.H.M.; MARQUES e SOUZA, G. **Estudo das áreas de manguezais do nordeste do Brasil: avaliacao das areas de manguezais dos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco**. Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR- UFC, Fortaleza/CE, 56p., 2005.
- MARINS, R.V.; PAULA FILHO, F.J. de; ROCHA, C.A.S. Phosphorus geochemistry as a proxy of environmental estuarine processes at the Jaguaribe River, Northeastern Brazil. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1208-1214, 2007.

MARINS, R.V.; PAULA FILHO, F.J.; ESCHRIQUE, S.A.; LACERDA, L.D. Anthropogenic sources and distribution of phosphorus in sediments from the Jaguaribe River estuary, NE, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, vol. 71, n. 3, pág. 673-678, 2011.

MARY, E.C.; KUEHL, R.J. Organic matter accumulation and organic soils. In: Richardson JL, Vepraskas MJ (eds) **Wetland soils: genesis, hydrology, landscapes, and classification**. Lewis, New York, pág. 137-162, 2001.

MÄSER, P.; GIERTH, M.; SCHROEDER, J.I. Molecular mechanisms of potassium and sodium uptake in plants. **Plant Soil**, vol. 247, pág. 43-54, 2002.

MCKEE, K.L. Growth and physiological responses of neotropical mangrove seedlings to root zone hypoxia. **Tree Physiol.**, vol. 16, pág. 883-889, 1996.

NAYAR, S.; MILLER, D.J.; HUNT, A.; GOH, B.P.L. Environmental effects of dredging on sediment nutrients, carbon and granulometry in a tropical estuary. **Environmental Monitoring and Assessment**, vol. 127, pág. 1-13, 2006.

NEDWELL, D.B.; BLACKBURN, T.H.; WIEBE, W.J. Dynamic nature of the turnover of organic carbon, nitrogen and sulphur in the sediments of a Jamaican mangrove forest. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, vol. 110, pág. 223-231, 1994.

ODUM, E.P. **Ecologia**. 3. ed. Trad. C. G. Ottenwaelder. México, Nueva Editorial Interamericana, 1972. 639 p.

OLIVEIRA, O.M.C.D.; CRUZ, M.J.M.; QUEIROZ, A.F.D.S. Comportamento geoquímico de metais em sedimentos de manguezal da Baía de Camamu- Bahia. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, vol.13, n.2, pág.1-8, 2010.

ONOFRE, C.R.E.; CELINO, J.J.; NANO, R.M.W.; QUEIROZ, A.F.S. Biodisponibilidade de metais traços nos sedimentos de manguezais da porção norte da Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, vol. 7, n. 2, pág. 65-82, 2007.

OXMANN, J.; PHAM, Q.; SCHWENDENMANN, L.; STELLMAN, J.; LARA, R. Mangrove reforestation in Vietnam: the effect of sediment physicochemical properties on nutrient cycling. **Plant Soil**, vol. 326, pág. 225-241, 2009.

PERIN, E.; CERETTA, C.A.; KLAMT, E. Tempo de uso agrícola e propriedades químicas de dois Latossolos do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 27, n. 4, pág. 665-674, 2003.

PI, N.; TAM, N.F.Y.; WU, Y.; WONG, M.H. Root anatomy and spatial pattern of radial oxygen loss of eight true mangrove species. **Aquat. Bot.**, vol. 90, pág. 222-230, 2009

PONNAMPERUMA, F.N. The chemistry of submerged soils. **Advances in Agronomy**, vol.24, pág. 29-96, 1972.

PRASAD, M.B.K.; RAMANATHAN, A.L. Sedimentary nutrient dynamics in a tropical estuarine mangrove ecosystem. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 80, n. 1, p. 60-66, 2008.

PRUSKI, F.F.; PEREIRA, S.B.; NOVAES, L.F.; SILVA, D. D.; RAMOS, M. M. Comportamento hidrológico na Foz do Rio São Francisco durante período de 1950 a 1999. **Engenharia na Agricultura**, vol. 13, nº 2, pág. 118-123, 2005.

QUART, A. **The mangrove forest**. Background paper. Mangrove action project. In: The Ramsar Convention on Wetlands. Disponível em: <http://www.ramsar.org/about_mangroves_2.htm> [Geo-2-392]>, 2009.

RAMOS, D.G.B.; MENDONÇA FILHO, J.G.; POLIVANOV, H. Distribuição de contaminantes orgânicos e metais pesados em solos e sua relação com a matéria orgânica. **Geochimica Brasiliensis**, vol. 21, n.3, pág. 282-303, 2007.

REEF, R.; FEELER, I.C; LOVELOCK, C.E. Nutrition of mangroves. **Tree physiology**, vol. 30, pág. 1148-1160, 2010.

ROISENBERG, C.; FORMOSO, M.L.L.; DANI, N; LOUBET, M.; POZOCCO, E. Caracterização e evolução geoquímica das águas subterrâneas da mina de Candiota (RS), Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, vol. 38, n. 4, pág. 618-628, 2008.

ROSSA, U. B. **Estimativa de calagem pelo método SMP para alguns solos do Paraná**. 2006. 100p. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) – Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

ROSSI, M.; MATTOS, I.F.A. Solos de Mangue do Estado de São Paulo: Caracterização Química e Física. **Revista do Departamento de Geografia**, vol. 15, pág. 101–113, 2002.

ROUT, G.R.; SAMANTARAY, S.; DAS, P. Aluminium toxicity in plants: a review. **Agronomie**, vol. 21, 3–21, 2001.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; Manual **de descrição e coleta de solo no campo**. 5.ed. revisada e ampliada. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Embrapa-SNLCs, 2005. 92p.

SANTOS, T.O. **Caracterização estrutural dos bosques de mangue da costinha, região estuarina do rio São Francisco, Sergipe**. 68p. Monografia (graduação em engenharia florestal) – Universidade Federal de Sergipe (UFS). Sergipe. 2010.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar**. São Paulo: USP, Instituto Oceanográfico, 1995. 64p.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; LACERDA, L.D. de. Lagoas costeiras, manguezais, marismas, dunas e restingas. IN: PANITZ, C.M.N. (Coord.). Diagnóstico ambiental oceânico e costeiro das regiões sul e sudeste do Brasil: São Paulo: Fundespa; **Iousp**; Petrobrás, 1994. v.7. p.128-196.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; MOLERO, G.C.; SOARES, M.L.G.; ROSA, T. Brazilian mangroves. **Aquatic Ecosystem Health and Management**, vol. 3, pág. 561-570, 2000.

SCHULZ, H.D. Redox Measurements in Marine Sediments. In: SCÜRING, J.; SHULZ, H.D.; FISCHER, W.R.; BÖTTCHER, J.; DUIJNISVELD, W.H.M. (Ed.) **Redox: Fundamentals Processes and Applications**. Berlin: Springer, cap.19, p.235-246, 2000.

SEPLAN, Secretaria de Estado do Planejamento, Habitação e do desenvolvimento Urbano. **Sergipe em dados**, 2009. Sergipe, 2010. 109p.

SERGIPE. (Estado) Secretaria de Estado do Planejamento, da Ciência e da Tecnologia. **Atlas digital sobre recursos hídricos Sergipe**. SEPLANTEC/SRH. Sergipe, 2004.

SHERMAN, R.E.; FAHEY, T.J.; HOWARTH, R.W. Soil-plant interactions in a neotropical mangrove forest: iron, phosphorus and sulfur dynamics. **Oecologia**, vol. 115, pág. 553–563, 1998.

SILVA, F.A.S.E.; AZEVEDO, C.A.V. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: **WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE**, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.

SILVA, M.A.B.; BERNINI, E.; CARMO, T.M.S. Características estruturais de bosques de mangue do estuário do rio São Mateus, ES, Brasil **Acta botânica brasileira**, v.19, n.3, p. 465 - 471, 2005.

SMITH, S.V. Phosphorus versus nitrogen limitation in the marine environment. **Limnol. Oceanogr**, vol. 29, pág. 1149–1160, 1984.

SMITH, T.J.III; BOTO, K.G.; FRUSHER, S.D.; GIDDINS, R.L. Keystone species and mangrove forest dynamics: the influence of burrowing by crabs on soil nutrient status and forest productivity. **Estuar. Coast. Shelf Sci.**, vol. 33, pág. 419–432, 1991.

SOARES, J.A. **O Rio Poxim, processo urbano e meio ambiente**. 2001. 67 f. Monografia (Especialização em Gestão de Recursos Hídricos em Meio Ambiente). Universidade Federal de Sergipe.

SOARES, M.L.G.; CHAVES, F.O.; CORRÊA, F.M.; SILVA-JUNIOR, C.M.G. Diversidade estrutural de bosques de mangue e sua relação com distúrbios de origem antrópica: o caso da baía de Guanabara (Rio de Janeiro). **Anuário do Instituto de Geociências**, vol. 26, pág. 101-116, 2003.

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. 1997. 2 vol. 294 p.

SOBRAL, L.F.; VIÉGAS, P.R.A; SIQUEIRA, O.J.W; ANJOS, J.L.; BARRETO, M.C.V.; GOMES, J.B.V. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes no Estado de Sergipe**. 1. ed. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, 2007. 251 p.

SOUZA, A.C. **A bacia interior do rio Sergipe: caracterização ambiental**. Monografia (bacharelado em Geografia). Centro de Educação e Ciências Humanas, Universidade Federal de Sergipe. Aracaju, SE, 1992.

SOUZA, H.F.; GUEDES, M.L.S.; OLIVEIRA, S.S.; SANTOS, E.S. Alguns aspectos fitossociológicos e nutricionais do manguezal da Ilha de Pati, Bahia, Brasil. **Sitientibus**, vol. 15, pág. 151-165, 1996.

SOUZA-JÚNIOR, V.S.; VIDAL-TORRADO, P.; GARCIA-GONZÁLEZ, M.T.; OTERO, X.L.; MACÍAS, F. Soil mineralogy of mangrove forest from the State of São Paulo, southeastern Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, vol. 72, n. 3, pág. 848-857, 2008.

- SPALDING, M.; KAINUMA, M.; COLLINS, L.; **World Atlas of Mangroves**. Earthscan Publications, 2010.
- SPALDING, M; BLASCO, F; FIELD, C. **World mangrove atlas**. ISME, Okinawa, 178 pp. 1997.
- SUÁREZ, N.; MEDINA, E. Salinity effects on leaf ion composition and salt secretion rate in *Avicennia germinans* (L.) L. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, vol. 20, n. 2, pág. 131-140, 2008.
- TAM, N.F.Y.; WONG, Y.S. Accumulation and distribution of heavy metals in a stimulated mangrove system treated with sewage. **Hydrobiologia**, vol. 352, n. 1-3, pág. 67-75, 1997.
- TOMLISON, P.B. **The botany of mangrove**. Cambridge: Cambridge University Press, 1986.
- TWILLEY, R.W.; LUGO, A.E.; PATTERSON-ZUCCA, D C. Litter production and turnover in basin mangrove forests in southwest Florida. **Ecology**, vol. 67, pág. 670–683, 1986.
- UMETSU, R.K.; GIRARD, P.; MATOS, D.M.S.; JESUS, C.J. da. Efeito da inundação lateral sobre a distribuição da vegetação ripária em um trecho do rio Cuiabá, MT. **Revista Árvore**, vol.35, n.5, pág. 1077-1087, 2011.
- VASQUES, R.O.; TONINI, W.C.T.; CUEVAS, J.M.; SANTOS, D.F.; FARIA, T.A.; FALCÃO, F. De C.; SIMÕES, D. dos R.; BATISTA, R.L.G.; COUTO, E. DA C. G. Utilização das Áreas de Manguezais em Taipús de dentro (Maraú, Sul da Bahia). **Revista da Gestão Costeira Integrada**, vol.11, n.2, pág.155-161, 2011.
- VELOSO, H.P; GOES-FILHO, L. **Fitogeografia brasileira: classificação fisionômica-ecológica. Ecologia da Vegetação Neotropical**. Boletim Técnico do Projeto: RADAMBRASIL. Salvador, p.1-80. (Vegetação, 1), 1982.
- XIN, K.; HUANG, X.; ZHOU, Q.; CHEN, Z. Evaluation of Ecological Function of Mangrove Soil on Absorbing Heavy Metals: A Case Study from the Dongzhaigang Mangrove in China. **Journal of Ecology and Field Biology**, vol. 33, n.1, pág. 15-18, 2010.
- ZAMORA-TREJOS, P.; CORTÉS, J. Los manglares de Costa Rica: el Pacífico norte. **Revista de Biología Tropical**, vol. 57, n. 3, pág. 473-488, 2009.
- ZHOU, Y.W.; ZHAO, B.; PENG, Y.S.; CHEN, G.Z. Influence of mangrove reforestation on heavy metal accumulation and speciation in intertidal sediments. **Marine Pollution Bulletin**, vol. 60, n. 8, pág. 1319-1324, 2010.