



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E ENGENHARIA
DE PETRÓLEO
MEIO AMBIENTE NA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO (MAP)**



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DE BANCOS ARENO-LAMOSOS
NOS CAMPOS PETROLÍFEROS DE MACAU E SERRA (RN), COMO
SUBSÍDIO ÀS MEDIDAS MITIGADORAS AO PROCESSO EROSIVO**

SÉRGIO TADEU PRAXEDES DE LIMA DANTAS

Orientador: Prof. Dr. Venerando Eustáquio Amaro

**NATAL / RN
DEZEMBRO DE 2009**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DE BANCOS ARENO-LAMOSOS NOS
CAMPOS PETROLÍFEROS DE MACAU E SERRA (RN), COMO SUBSÍDIO
ÀS MEDIDAS MITIGADORAS AO PROCESSO EROSIVO**

Natal/RN, Dezembro de 2009

Divisão de Serviços Técnicos

Catálogo da Publicação na Fonte. UFRN / Biblioteca Central Zila
Mamede

Dantas, Sérgio Tadeu Praxedes de Lima.

Caracterização ambiental de bancos areno-lamosos nos campos petrolíferos de Macau e Serra (RN), como subsídio às medidas mitigadoras ao processo erosivo / Sérgio Tadeu Praxedes de Lima Dantas. – Natal, RN, 2009.

103 f.

Orientador: Venerando Eustáquio Amaro.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Exatas e da Terra. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Petróleo.

1. Campos petrolíferos – Dissertação. 2. Bancos areno-lamosos – Dissertação. 3. Sensores remotos – Dissertação. 4. Manguezal – Dissertação. I. Amaro, Venerando Eustáquio. II. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. III. Título.

RN/UF/BCZM

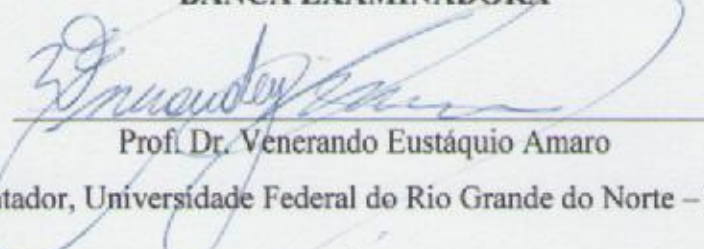
CDU 553.982(043.3)

**CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DE BANCOS ARENO-LAMOSOS NOS
CAMPOS PETROLÍFEROS DE MACAU E SERRA (RN), COMO SUBSÍDIO
ÀS MEDIDAS MITIGADORAS AO PROCESSO EROSIVO**

Este trabalho corresponde à dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Petróleo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência e Engenharia de Petróleo.

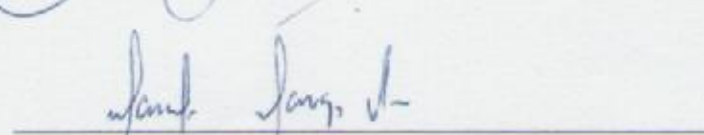
Aprovado em 16 de Dezembro de 2009

BANCA EXAMINADORA



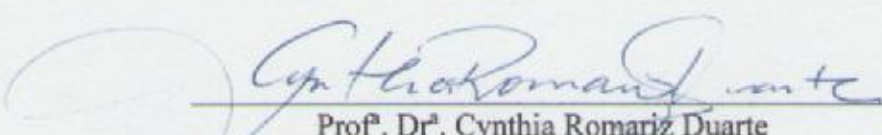
Prof. Dr. Venerando Eustáquio Amaro

Orientador, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN.



Prof.ª. Dr.ª. Marcela Marques Vieira

Membro Interno, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN.



Prof.ª. Dr.ª. Cynthia Romariz Duarte

Membro Externo, Universidade Federal do Ceará – UFC.

DANTAS, Sérgio Tadeu Praxedes de Lima – Caracterização Ambiental de Bancos Arenolamosos nos Campos Petrolíferos de Macau e Serra (RN), como Subsídio às Medidas Mitigadoras ao Processo Erosivo. Dissertação de Mestrado, UFRN, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Petróleo. Área de Concentração: Meio Ambiente na Indústria do Petróleo. Natal-RN, Brasil.

Orientador: Prof. Dr. Venerando Eustáquio Amaro - PPGCEP (UFRN)

RESUMO

Dada a importância do contexto litorâneo setentrional do Rio Grande do Norte, caracterizada por intenso processo de transporte de sedimentos através de ação marinha e eólica que acarreta erosão e situações de instabilidade morfológica da linha de costa, é que foram realizados a caracterização físico-química e o mapeamento multitemporal de bancos arenolamosos como forma de subsidiar as medidas mitigadoras relacionadas à contenção dos processos erosivos nos campos petrolíferos de Macau e Serra instalados na área de estudo. Através de imagens de sensores remotos, foi possível realizar uma analogia entre as respostas espectrais dos bancos arenolamosos com áreas vegetadas (manguezal), indicando a possibilidade de se fazer uma reestruturação da área, contribuindo assim com o monitoramento ambiental desse ecossistema. As bandas multiespectrais de imagens LANDSAT 5 TM de 2000 e 2008 foram submetidas à diversas etapas de processamento digital, associadas em composições RGB. Dessa forma, a estratégia metodológica adotada permitiu estabelecer que, para Dezembro/2008, existiam ao menos 10,13 km² de área de bancos arenolamosos, sendo que desses cerca de 0,89 Km² com a viabilidade de ser empregada no reflorestamento, para a implantação de flora típica de manguezal local. Por meio da interpretação visual dos produtos e da análise estatística da imagem LANDSAT 5 TM de 12/Dezembro de 2008, foi possível destacar a composição R (PC5) G (PC3/PC4) B (Banda 5), inédita na literatura pois integra informações das principais componentes com bandas originais, realçando as diferenças entre as unidades de paisagem no ambiente costeiro, com destaque para o limites entre porções arenosas, lamosas, aquelas recobertas por tapetes algálicos, além de delimitar com mais eficiência a geometria dos canais de maré na zona estuarina. Os mapas das diversas unidades, após reambulação em campo foram integrados em ambiente SIG na escala 1:60.000, incluindo a classificação das feições em função da presença ou ausência de cobertura vegetal. A caracterização físico-química revelou áreas com potencialidade para abrigar espécies de manguezal local, sendo que os bancos apresentaram característica granulométrica com um predomínio de areias nas frações finas; um *pH* acima da neutralidade com média de 8,4; elevados teores de carbonatos e matéria orgânica e; elementos maiores e traços apresentaram, de maneira geral, as maiores concentrações onde prevaleceram os sedimentos de granulometria mais fina, ressaltando a alta correlação que estes elementos possuem com as partículas menores do sedimento. A aplicação desta estratégia metodológica é de grande relevância para a melhor compreensão do comportamento das feições alvo do estudo e que, associada com dados físico-químicos permitem a análise da eficiência/potencialidade dos bancos ao reflorestamento com espécies de manguezais locais para mitigação da ação erosiva dos processos costeiros sobre as áreas dos campos de produção e exploração de petróleo instalados na área.

Palavras-chave: campos petrolíferos; bancos arenolamosos; sensores remotos; manguezal; análise por principal componente

ABSTRACT

On Rio Grande do Norte northern coast the process of sediment transport are intensely controlled by wind and sea (waves and currents) action, causing erosion and shoreline morphological instability. Due to the importance of such coastal zone it was realized the multi-spectral mapping and physical-chemical characterization of mudflats and mangroves aiming to support the mitigating actions related to the containment of the erosive process on the oil fields of Macau and Serra installed at the study area. The multi-spectral bands of 2000 and 2008 LANDSAT 5 TM images were submitted on the several digital processing steps and RGB color compositions integrating spectral bands and Principal Components. Such processing methodology was important to the mapping of different units on surface, together with field works. It was possible to make an analogy of the spectral characteristics of wetlands with vegetations areas (mangrove), showing the possibility to make a restoration of this area, contributing with the environmental monitoring of that ecosystem. The maps of several units were integrated in GIS environment at 1:60,000 scale, including the classification of features according to the presence or absence of vegetation cover. Thus, the strategy of methodology established that there are 10.13 km² at least of sandy-muddy and of these approximately 0.89 km² with the possibility to be used in a reforestation of typical flora of mangrove. The physical-chemical characterization showed areas with potential to introduce local species of mangrove and they had a *pH* above neutral with a mean of 8.4. The characteristic particle size is sand in the fine fractions, the high levels of carbonate, organic matter and major and trace element in general are concentrated where the sediment had the less particles size, showing the high correlation that those elements have with smaller particles of sediment. The application of that methodological strategy is relevant to the better understanding of features behavior and physical-chemical data of sediment samples collected on field allow the analysis of efficiency/capability of sandy-muddy to reforestation with local mangrove species for mitigation of the erosive action and coastal processes on the areas occupied by the oil industry.

Keywords: oilfield, wetlands; remote sensing; mangrove; principal components.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Henrique Tadeu Praxedes Dantas e Maria Leônia de Lima Dantas e, à minha noiva Vitória Medeiros por serem as pessoas que mais amo e por terem acreditado na minha competência e me apoiado durante em mais uma etapa de minha vida acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por ter me permitido concretizar mais uma etapa importante em minha vida;

Agradeço aos meus pais, Henrique Tadeu Praxedes Dantas e Maria Leônia de Lima Dantas, por nunca medirem esforços para minha formação, por todos os ensinamentos, dedicação, pelo amor, compreensão e constante estímulo em todas as etapas da minha vida. A vocês, a quem devo toda a minha educação e formação, expresso meu reconhecimento e sinceros agradecimentos.

À minha noiva Vitória Medeiros por estar sempre ao meu lado, me apoiando, incentivando e ajudando a trilhar caminhos. A você, a quem tanto admiro e amo em meu coração, expresso meu amor, carinho e gratidão.

À meus irmãos Leonel, Laio e Sulamita, que também expresso meus agradecimentos e fico na torcida de um futuro brilhante, cheio de vitórias e conquistas;

Agradeço também a toda minha família, em especial aos meus avós Manoel Fernandes de Lima e Leni Andrade Fernandes, pelas orações e por sempre acreditarem e confiarem na minha capacidade.

À Antônio Roberto e Maria José, bem como sua família, por serem pessoas muito especiais e em geral a todos meus amigos.

À Universidade Federal do Rio Grande do Norte pela oportunidade de fazer parte desta instituição que dispõe de ampla gama de recursos intelectuais.

À todos os docentes que fazem parte do PPGCEP (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Petróleo) por todos os ensinamentos.

Ao orientador, Prof. Dr. Venerando Eustáquio Amaro, pela confiança depositada, apoio, paciência e orientação constante no desenvolvimento deste trabalho. Acredito eu que não exista melhor expressão do que meu muito Obrigado.

À todos os amigos do GEOPRO (Laboratório de Geoprocessamento - UFRN), em especial aos amigos Anderson, Bruno Cesar, Dalton, Fátima e Ranyere, que sempre estiveram presentes nesta caminhada, pelos momentos de trabalho, apoio em campo e ensinamentos, bem como pelos momentos de descontração. Agradeço a cada um que contribuiu de maneira expressiva na prática do aprendizado e que se mostrou amigo durante estes mais de dois anos de convivência. Dessa forma, agradeço a toda a equipe: Allanderson, Anderson, Angélica, Arnóbio, Bianca, Bruno Cesar, Bruno Rafael, Caio, Carla, Charles, Dário, Dalton, Fátima,

Gabriel, Josembergue, Marcelo, Márcia, Michael, Miriam, Poliana, Ranyere, Sônia, Sormane, Vitor, Walkyso ...

Aos Projetos PETRORISCO – Fase 2 ("Monitoramento Ambiental de áreas de risco a derramamento de petróleo e seus derivados"), HIDROSEMA ("Monitoramento das Mudanças Ambientais e da Influência das Forçantes Hidrodinâmicas na Morfodinâmica Costeira nos Campos de Serra-Macau, Bacia Potiguar") da Rede Cooperativa Norte-Nordeste em Monitoramento Ambiental de Áreas sob Influência da Indústria Petrolífera (REDE 05-PETROMAR, CTPETRO-FINEP/PETROBRAS/CNPq) pelos recursos disponibilizados.

À Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), bem como o PRH 22, pela Bolsa de Mestrado concedida e todo incentivo à pesquisa.

À Prof^a. Dr^a Cynthia Romariz Duarte e à Prof^a. Dr^a. Marcela Marques Vieira, pelas sugestões e dicas que contribuíram para o enriquecimento da pesquisa.

Aos professores vinculados ao Laboratório de Geoquímica Ambiental/UFRN, Prof^a. Dr^a. Raquel Franco de Souza Lima e ao Prof. Dr. Germano Melo, pela disponibilidade do espaço físico e pelas sugestões enriquecedoras à este trabalho. Agradeço também aos colaboradores pertencentes a esse grupo: Cosme, João Batista, Luís e Thaís Elaine.

Ao Prof. Dr. Djalma Ribeiro que coordena o NEPGN (Núcleo de Estudos em Petróleo e Gás Natural – UFRN), pela disponibilidade do Laboratório (armazenamento e leitura de amostras) que contribuiu de maneira efetiva para a realização desta pesquisa e às colaboradoras Rina Lourena e Tarcila.

À todos os colegas colaboradores do GEMMA (Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha e Monitoramento Ambiental), coordenado pela Prof^a Dr^a. Helenice Vital (a quem manifesto também meu agradecimento). Agradeço a Canindé, Camila, Ilka Emmanuele, Emerson Teles e Adriana Lima. Agradeço também a Dona Fátima, Fabiano e Álvaro do Laboratório de Sedimentologia vinculado a esse grupo, que também contribuíram para a realização deste.

SUMÁRIO

Resumo	iv
Abstract	v
Dedicatória	vi
Agradecimentos	vii
Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xiv

Capítulo 1 - Introdução

1.1 - Problemática e relevância do trabalho	2
1.2 - Objetivos	3
1.3 - Definição e fundamentos do ecossistema manguezal	4
1.4 - Localização geográfica da área de estudo	5
1.5 - Aspectos fisiográficos	5
1.5.1 - Recursos hídricos	7
1.5.2 - Vegetação	7
1.5.3 - Pedologia	9
1.6 - Correntes, ondas e marés	10
1.7 - Aspectos socioeconômicos	11
1.8 - Litoestratigrafia da Bacia Potiguar	12
1.9 - Geologia local	14

Capítulo 2 - Fundamentação Teórica

2.1 - Introdução	19
2.2 - A indústria petrolífera	19
2.3 - Participação de elementos maiores e traços na cadeia alimentar e em sedimentos de solo	20
2.4 - Ecossistema manguezal	24
2.4.1 - Importância dos manguezais	24
2.4.2 - Ocorrência e distribuição geográfica	25
2.4.3 - Flora	26
2.4.4 - Solos	28
2.5 - Caracterização físico-química	29
2.5.1 - Análises granulométricas	29
2.5.2 - Matéria orgânica do solo (<i>MOS</i>)	30
2.5.3 - Fertilidade do solo	30

Capítulo 3 - Aspectos Metodológicos

3.1 - Roteiro metodológico	33
3.2 - Levantamento bibliográfico	34
3.3 - Aplicação do geoprocessamento	34

3.4 - Levantamentos de campo	36
3.5 - Análises laboratoriais	45
3.5.1 - Análises físico-químicas	45
3.5.1.1 - Pré-tratamento das amostras de sedimentos	45
3.5.1.2 - Análises de fertilidade e condutividade elétrica	46
3.5.1.3 - Quantificação de carbonatos e matéria orgânica	46
3.5.1.4 - Análise granulométrica	47
3.6 - Extração de elementos maiores, menores e traços	48
3.6.1 - Digestão das amostras	48
3.7 - Valores de referência	50

Capítulo 4 - Resultados e Discussões

4.1 - Interpretação de imagens orbitais	52
4.2 - Análise multitemporal dos bancos areno-lamosos: 2000 a 2008	57
4.3 - Resultados analíticos	63
4.3.1 - Granulometria	64
4.3.2 - Teores de carbonato (CaCO ₃) e matéria orgânica (MO)	66
4.3.3 - Fertilidade e condutividade elétrica	69
4.3.4 - Elementos maiores, menores e traços	73

Capítulo 5 - Conclusões e Recomendações

5.1 - Conclusões	86
5.2 - Recomendações	88

Referências bibliográficas	91
---	-----------

Anexos

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1.1:** Localização da área de estudo. 5
- Figura 1.2:** Gráfico das temperaturas diárias (mínima, média e máxima). Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. 6
- Figura 1.3:** Gráfico representando a umidade relativa referente ao mês de Dezembro de 2008. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. 6
- Figura 1.4:** Precipitações pluviométricas acumuladas/ano, período de 1914 a 2008, porto de Macau - Salina (Fonte: EMPARN). 7
- Figura 1.5:** Mapa de vegetação, adaptado de Pereira (2008). 8
- Figura 1.6:** Mapa pedológico integrando dados de Souto (2004) e Pereira (2008). 9
- Figura 1.7:** Contexto geológico da Bacia Potiguar. Adaptado de Silva, 2009. 13
- Figura 1.8:** Cronoestratigrafia, seqüências deposicionais e evolução tectônica da Bacia Potiguar, segundo Pessoa Neto *et al.* (2007). 14
- Figura 1.9:** Mapa geológico da área em estudo (adaptado de Silva, 2009). 15

CAPÍTULO II

CAPÍTULO III

- Figura 3.1:** Fluxograma metodológico empregado no desenvolvimento do trabalho. 33
- Figura 3.2:** Curvas de comportamento espectral dos alvos. Adaptado de Florenzano (2002). 35
- Figura 3.3:** Carta imagem da área adjacente às comunidades de Barreiras e Diogo Lopes. 37
- Figura 3.4:** (A) Quadriciclo que deu apoio para o deslocamento em campo; (B) trado de aço inox; (C) amostras armazenadas em freezer a 4°C; (D) chegada ao laboratório para realização do pré-tratamento. 38
- Figura 3.5:** Perfil A, entre a estação coletora-Macau e a Falésia de Chico Martins, com 8 amostras compostas. 41
- Figura 3.6:** Perfil B, área entre a Falésia Chico Martins e a comunidade Barreiras, com 6 amostras compostas. 42
- Figura 3.7:** Localização do Perfil C, área adjacente à comunidades de Barreiras, com 9 amostras compostas. 43

Figura 3.8: Localização do Perfil D, área entre as comunidades de Barreiras e Diogo Lopes, com 6 amostras. 44

Figura 3.9: Etapas realizadas no pré-tratamento das amostras, no que diz respeito à secagem (A e B) e ao peneiramento para retirada da parte grosseira (fotos C e D). 45

Figura 3.10: Metodologia adotada para extração de carbonatos e matéria orgânica. **A:** quarteamento; **B:** reação do ácido clorídrico; **C:** filtragem; **D:** Amostras secas; **E:** Balança digital e **F:** Armazenamento antes das análises granulométricas. 48

Figura 3.11: Etapas realizadas na extração das amostras para leitura de elementos maiores, menores e traços. (A) balança utilizada para se fazer a pesagem; (B) Extração das amostras; (C) Equipamento utilizado para produção de H₂O tipo Milli-Q; (D e E) Processo de filtragem e (F) Forma em que foram armazenadas para levar à leitura. 50

CAPÍTULO IV

Figura 4.1: Imagem LANDSAT 5-TM de 12/Dezembro/2008 com a Banda 1 somente com realce de contraste e destaque para as principais unidades geoambientais da área de estudo, em especial os banco areno-lamosos, pouco discriminados. 55

Figura 4.2: Imagem LANDSAT 5-TM de 12/Dezembro/2008 com as Bandas 741 no sistema RGB, respectivamente, permitindo a visualização da vegetação de caatinga e manguezal, além das dunas fixas e móveis, cursos dos canais estuarinos e áreas de salinas. 55

Figura 4.3: LANDSAT 5-TM de 12/Dezembro/2008 com a aplicação da composição R (PC5) G (PC3/PC4) B (Banda 5), onde o vermelho menos intenso dentro dos bancos representa áreas com vegetação rasteira e tapetes algálicos, sendo estas as mais propícias ao desenvolvimento de vegetação de manguezal. 55

Figura 4.4: Imagem LANDSAT 5-TM de 12/Dezembro/2008 com a aplicação da composição {R (D5) G (D3/D4) B (D5)}, permitindo a visualização em destaque das diferentes texturas entre dunas fixas e móveis, bem como o detalhamento de toda a área de superfície. 55

Figura 4.5: LANDSAT 5-TM de 19/Junho/2008 com a aplicação da R (PC5) G (PC4) B (PC3). 56

Figura 4.6: LANDSAT 5-TM de 19/Junho/2008 com a aplicação da R (PC5) G (PC3) B (PC4), permitindo visualizarmos com mais precisão a diferença de textura entre as dunas fixas e móveis, além da vegetação em tons amarelados e os bancos de coloração esverdeada. 56

Figura 4.7: Imagem LANDSAT 5-TM de 19/Junho/2008 com a aplicação da {R (D5) G (D4) B (D3)}, permitindo visualizarmos o quanto a dinâmica costeira presente pode afetar a conformação litorânea, como pode ser vista tanto na Barra do Fernandez quanto na Ponta do Tubarão; quando comparadas à imagem de 12/Dezembro/2008. 56

Figura 4.8: LANDSAT 5-TM de 19/Junho/2008 com a aplicação da {R (D5) G (D3) B (D4)}, permitindo visualizarmos cores intensas azuladas para as áreas vegetadas com

mangue; azul mais claro para regiões com algas e vegetação rasteira e; frações granulométricas mais finas a composição realçou tons rosados 56

Figura 4.9: Imagem LANDSAT 5-TM de 13/Junho/2000 com a aplicação da {R (D1) G (D3) B (D4)}, permitindo visualizarmos a dinâmica costeira presente, como pode ser vista na abertura de dois canais: na Barra do Fernandez e na Barra do Corta Cachorro quando comparados à imagem de 12/Dezembro/2008. 59

Figura 4.10: Mapeamento de bancos areno-lamosos a partir da imagem LANDSAT 5-TM de 13/Junho/2000. 60

Figura 4.11: Mapeamento de bancos areno-lamosos a partir da imagem LANDSAT 5-TM de 12/Dezembro/2008. 61

Figura 4.12: Mapeamento multitemporal entre os anos de 2000 e 2008. 62

Figura 4.13: Representação gráfica de granulometria, teores de silte, argila e silte + argila. No eixo x encontramos as amostras analisadas e no eixo y os valores encontrados, dados em percentagem; com exceção do primeiro gráfico, onde AG (Areia Grossa); AM (Areia Média), AF (Areia Fina) e AMF (Areia Muito Fina). 65

Figura 4.14: Teores de carbonatos, matéria orgânica e a correlação entre os mesmos, distribuídos por perfil separadamente. No eixo x encontramos as amostras analisadas e no eixo y os valores encontrados, dados em percentagem. 68

Figura 4.15: Valores de *pH* em H₂O; valores de condutividade elétrica (1:5 dS.m⁻¹) obtida a partir do extrato de saturação nos perfis analisados e; teores de *P* disponível (dados em mg.Kg⁻¹). No eixo x encontram-se as amostras analisadas em cada perfil. 71

Figura 4.16: Representação gráfica dos teores de cátions trocáveis. No eixo x as amostras analisadas e no eixo y as concentrações de cada elemento (cmolc.Kg⁻¹). 72

Figura 4.17: Representação gráfica das variações existentes nos perfis com relação às duplicatas, obtidas através do método analítico EPA 3051a. No eixo x encontram-se as concentrações da 1^a e no y estão as concentrações da 2^a duplicata, dadas em mg.Kg⁻¹ 78

Figura 4.18: Concentrações de *Al*, *Fe* e *MO*, mostrando a relação que os elementos possuem com as frações mais finas dos sedimentos (matéria orgânica); além da representação gráfica do elemento *B*. No eixo x são as amostras e no y estão as concentrações, dadas em mg.Kg⁻¹. 80

Figura 4.19: Representação gráfica dos elementos *Ba*, *Ca*, *Cr* e *K*. No eixo x são as amostras e no y estão as concentrações, dadas em mg.Kg⁻¹. 81

Figura 4.20: Representação gráfica dos elementos *Li*, *Mg*, *Mn* e *Na*. No eixo x são as amostras e no y estão as concentrações, dadas em mg.Kg⁻¹. 82

Figura 4.21: Representação gráfica dos elementos *Ni*, *Sr* e *V*. No eixo x são as amostras e no y estão as concentrações, dadas em mg.Kg⁻¹. 83

Figura 4.22: Representação gráfica dos elementos *Cu*, *P*, *Pb* e *Zn*. No eixo x são as amostras e no y estão as concentrações, dadas em mg.Kg⁻¹. 84

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO I

CAPÍTULO II

Tabela 2.1: Principais grupos de metais pesados. Adaptado de Garlipp (2006).	21
Tabela 2.2: Presença de metais pesados em diversas indústrias, Moura (2001).	22
Tabela 2.3: Efeito de toxicidade dos metais pesados, segundo Barros (2001).	23

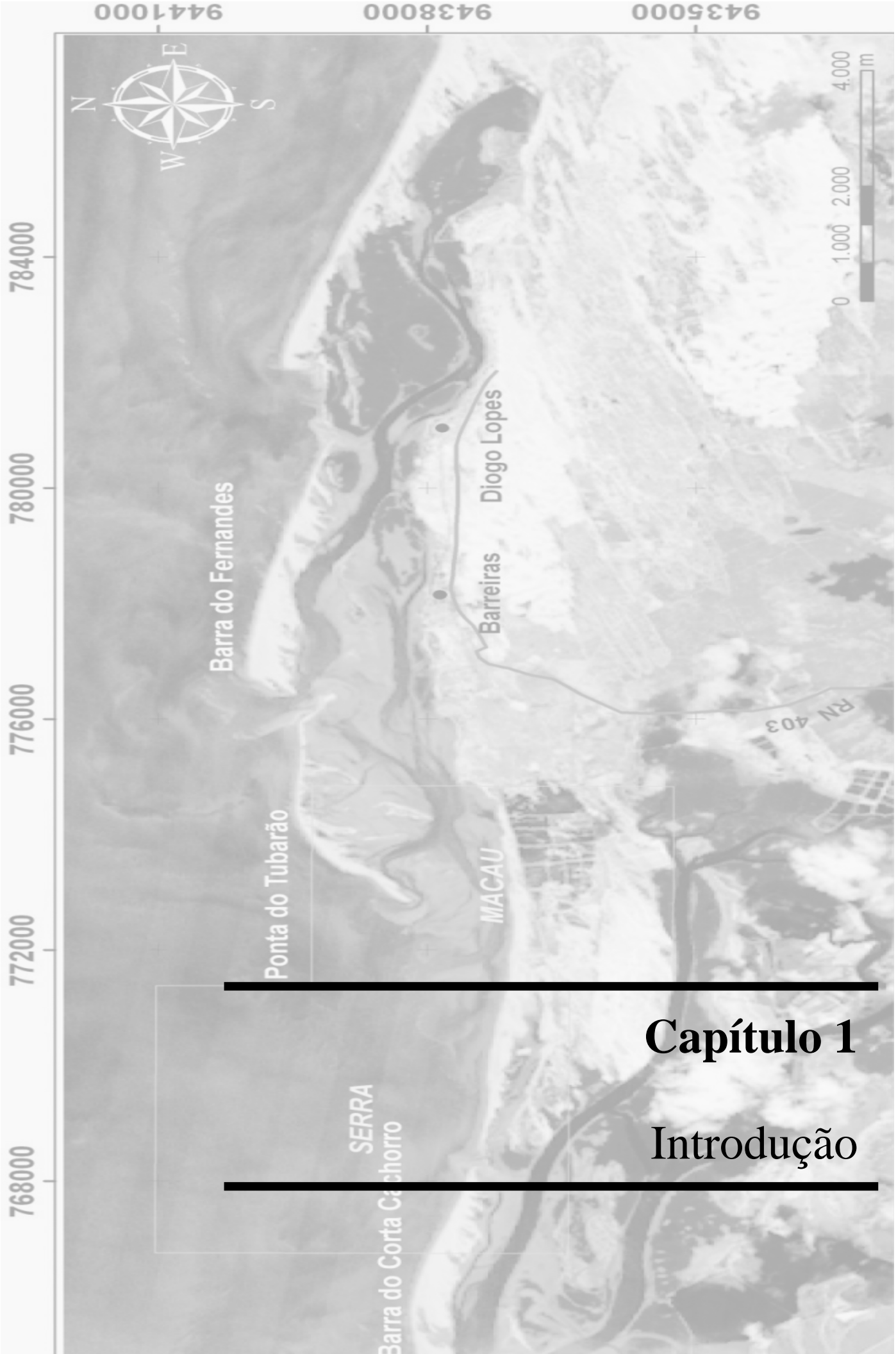
CAPÍTULO III

Tabela 3.1: Relação das imagens utilizadas, data, resolução espacial e altura de maré.	34
---	----

CAPÍTULO IV

Tabela 4.1: Resposta empírica aos diferentes valores observados na distribuição dos elementos dentro de cada perfil.	64
Tabela 4.2: Sumário estatístico da análise granulométrica para as amostras analisadas.	64
Tabela 4.3: Sumário estatístico da quantificação de $CaCO_3$ e MO para as amostras analisadas.	66
Tabela 4.4: Distribuição do teor de $CaCO_3$ em diferentes intervalos.	66
Tabela 4.5: Distribuição do teor de MO em diferentes intervalos.	67
Tabela 4.6: Sumário estatístico representativo dos parâmetros relacionados à fertilidade.	69
Tabela 4.7: Sumário estatístico dos resultados para elementos, maiores, menores e traços.	74

CAPÍTULO V



Capítulo 1

Introdução

1.1 - Problemática e relevância do trabalho

Na faixa litorânea e na porção submersa rasa do litoral setentrional do Rio Grande do Norte, no Município de Macau, estão localizados os campos petrolíferos de Macau e Serra, como também o Parque Eólico de Macau, atividades da PETROBRAS, localizados em terrenos geológicos da Bacia Potiguar.

Durante os últimos anos, essa área tem sido alvo de constantes estudos de avaliação e monitoramento decorrentes da alta sensibilidade ambiental da zona costeira e das atividades econômicas ali instaladas (indústria do petróleo, salineira, carcinicultura, pesca artesanal, entre outras), que oferecem riscos à manutenção do equilíbrio ecológico da região.

Sua conformação litorânea é caracterizada por intenso processo de transporte de sedimentos através de ações marinha e eólica, ocasionando erosão e situações de instabilidade morfológica da linha de costa. Trata-se da interação entre os processos do meio físico, das condições climáticas, das variações do nível do mar, da natureza das sequências geológicas, das atividades neotectônicas e do déficit no suprimento de sedimentos carreados pelos rios da região (Nascimento, 2009). Com isso, a elevada dinâmica costeira oferece riscos também à produção e exploração sustentável dos campos petrolíferos presentes na área.

Dessa forma, a proposição dessa pesquisa foi baseada no estudo descrito por Nascimento (2009) que sugere “... *Alternativas Sustentáveis na Mitigação de Impactos Ambientais*.”, dentre elas, o emprego de engenharia do tipo *Soft*, que diz respeito o uso de técnicas que utilizam componentes naturais como areia e a vegetação com o pressuposto de restabelecimento das defesas naturais para contenção de impactos provocados por ações diversas (ondas, correntes, marés, etc.).

Sendo assim, através da observação da evolução natural da deposição de bancos areno-lamosos, nos quais depois de estabilizados, segundo a literatura, espera-se criar condições físico-químicas e biológicas favoráveis para a instalação de florestas de manguezal; Nascimento (2009) sugere a implantação de vegetação típica local na área situada a leste dos campos petrolíferos de Macau e Serra.

Para Nascimento (2009), com a aplicação desta metodologia, espera-se minimizar os efeitos da erosão costeira no campo de Macau. Mesmo ocorrendo a migração leste-oeste ou leste-sudoeste da Ilha barreira Ponta do Tubarão, busca-se, com o plantio do manguezal, a estabilização do canal localizado a noroeste dessa ilha, reduzindo a competência do canal nordeste sudeste que ocorre paralelo à linha de costa, responsável pela intensa erosão costeira

atualmente desenvolvida na área. Da mesma forma, espera-se contribuir ambientalmente com o suporte da biomassa dos ecossistemas marinhos, ampliando assim a rica biodiversidade.

1.2 - Objetivos

➤ **Objetivo Geral**

Caracterização físico-química dos bancos areno-lamosos na região da área costeira do Rio Grande do Norte, com o intuito de se verificar a viabilidade da fixação de diferentes espécies de árvores/arbustos, típicas de mangue, ao longo do trecho estudado, configurando uma proteção natural para a linha de costa e conseqüente redução da ação erosiva sobre as áreas exploratórias dos Campos Petrolíferos de Macau e Serra, que compreendem uma região caracterizada por uma elevada dinâmica costeira.

➤ **Objetivos Específicos**

→ Avaliar e integrar imagens multiespectrais de sensoriamento remoto óptico em caráter multitemporal (2000-2008), com vistas à caracterização das modificações geoambientais, em especial à área dos bancos areno-lamosos, integrando as informações em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG);

→ Através de imagens de sensores remotos orbitais realizar uma analogia e mapear as diferentes unidades geoambientais, destacando-se as diferentes respostas entre os bancos areno-lamosos e áreas vegetadas (manguezal), mostrando a possibilidade de se fazer uma restauração com replantio de extensa área de planície areno-lamosa com espécies de manguezal, contribuindo dessa forma, para o monitoramento desse ecossistema que está sujeito a sofrer interferências antrópicas, desestabilizando as interações organismo-ambiente;

→ Análises de carbonatos ($CaCO_3$), matéria orgânica (MO), fertilidade (pH , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Al^{3+} e H^+ , condutividade elétrica), granulométrica e elementos maiores, menores e traços.

A aplicação desta pesquisa é de grande relevância para a melhor compreensão do comportamento das feições alvo do estudo e que, associada com dados físico-químicos de amostras dos sedimentos coletados em campo, permitem a análise da eficiência/potencialidade dos bancos ao reflorestamento com espécies de manguezal, em

alguns trechos das planícies de maré areno-lamosas, para mitigação da ação erosiva dos processos costeiros sobre as áreas dos campos de exploração de petróleo instalados na área.

1.3 - Definição e fundamentos do ecossistema manguezal

Em regiões tropicais e subtropicais da costa protegidas e de transição entre o mar e o continente (estuários, lagunas e planícies de maré), é comum o desenvolvimento de manguezais, espécies vegetais halófitas adaptadas a condições de intensa salinidade e de hidromorfismo (Schaeffer-Novelli, 1991; Suguio, 1992).

Os ecossistemas de manguezal desempenham um papel de fundamental importância como produtores e exportadores de matéria orgânica para os estuários (Huber, 2004), contribuindo para a produtividade primária na zona costeira; na estabilidade da geomorfologia; na conservação da biodiversidade e na manutenção de amplos recursos pesqueiros. Não por acaso, constituem-se em ecossistemas complexos e dos mais férteis e diversificados do planeta.

A sua biodiversidade, ou seja, a sua riqueza biológica faz com que estas áreas se constituam em grandes berçários naturais, tanto para as espécies características desses ambientes, como para outros animais que migram às áreas costeiras durante, pelo menos, uma fase do ciclo de sua vida (ZEECAL, 2003). Sua fauna representa significativa fonte de alimentos para as populações locais. Os estoques de peixes, moluscos e crustáceos apresentam expressiva biomassa, constituindo excelentes fontes de proteína animal de alto valor nutritivo, sendo esses recursos pesqueiros considerados como indispensáveis à subsistência das comunidades que vivem no entorno destas ricas florestas de manguezal (Schaeffer-Novelli, 1995; Oliveira *et al.*, 1999).

Os solos deste ecossistema são pouco conhecidos, recebendo a denominação de solo indiscriminado de manguezal ou sedimentos de manguezal (EMBRAPA, 1995). A granulometria fina desses sedimentos proporciona afinidade com metais que, associados com os elevados teores de matéria orgânica, resultam em consumo acelerado de oxigênio presente nos mesmos, favorecendo um ambiente anóxico e que precipita os metais na forma de sulfetos. Com isso, quando restaurada e/ou implantada esse tipo de vegetação, a mesma também possui em sua importância, a característica de ser considerada uma barreira biogeoquímica para metais (Lacerda, 1998).

1.4 - Localização geográfica da área de estudo

A área de estudo está inserida na Ponta do Tubarão, Município de Macau, microrregião salineira do litoral setentrional do Rio Grande do Norte. Esta área é delimitada pelas coordenadas UTM (Zona 24 Sul) nos meridianos 9.432.825,46 m N e 9.442.160,02 m N e nos paralelos 764.626,18 m E e 787.855,11 m E (Figura 1.1). Seus principais acessos são através da rodovia federal BR-406 que liga Macau a Natal, além da rodovia estadual RN-118 que liga Macau a Cidade de Açu.

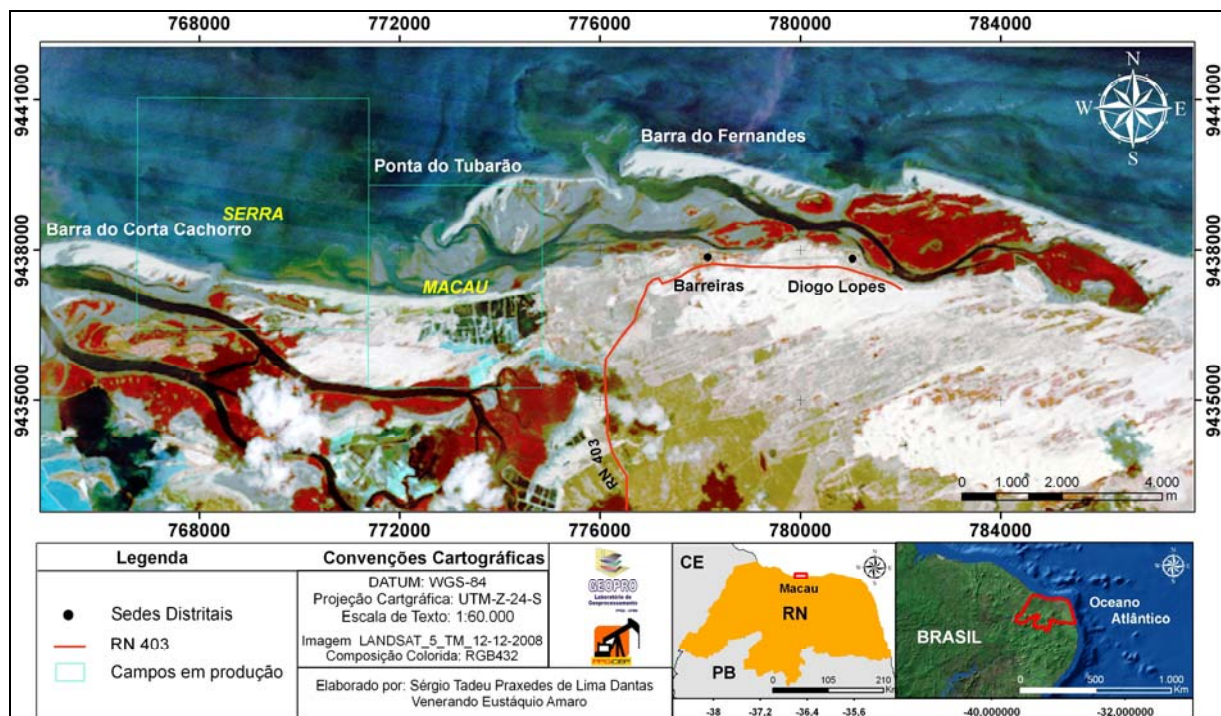


Figura 1.1: Localização da área de estudo.

1.5 - Aspectos Fisiográficos

O clima da área em estudo é caracterizado como semi-árido, de altas temperaturas e escassez de chuva, definido por duas estações, uma estação seca com período mais longo (variando de 7 a 8 meses) e uma estação de inverno com período chuvoso curto, normalmente nos meses de fevereiro a maio (IDEMA, 1999).

A região de Macau apresenta elevadas temperaturas durante todo o ano, com uma média anual de 26,8 °C. Mensalmente, podem-se observar entre 25 °C, no mês de julho, e máxima de 28,6 °C, em fevereiro (Chaves, 2005). Na Figura 1.2 podemos verificar a variação diária para o mês de dezembro de 2008 (INMET, 2008), período em que foram realizadas as

coletas de sedimentos. Esta região é caracterizada por alta incidência solar, com regime térmico uniforme de temperaturas elevadas e pequenas variações anuais. Isto ocorre devido aos aspectos geográficos locais como a baixa latitude, a baixa altitude e a influência de massas de água oceânica (Souto, 2004; Chaves, 2005).

A média anual de umidade relativa é de 68 %, com variações de 20% para mais ou para menos (IDEMA, 1999; Figura 1.3). A precipitação pluviométrica apresentou uma média anual de 528,0 mm na estação Porto Macau-Salina, entre 1914 e 2008 (EMPARN), onde a menor foi em 1993 (97,9 mm) e a máxima foi em 1985 (1.780,6 mm), (Figura 1.4).

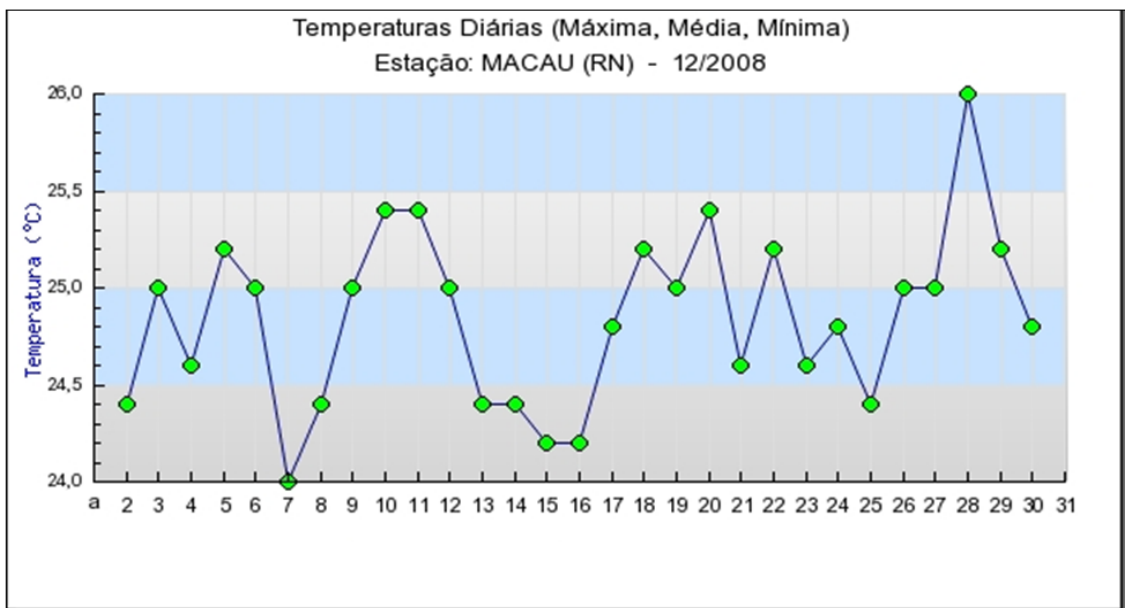


Figura 1.2: Gráfico das temperaturas diárias (mínima, média e máxima).

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

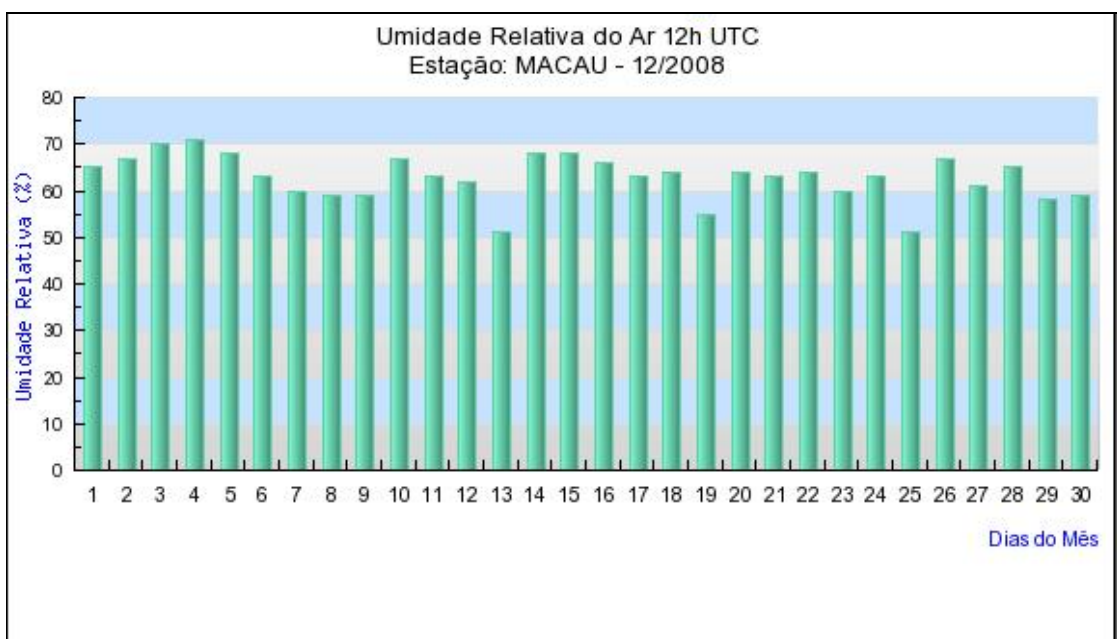


Figura 1.3: Gráfico de umidade relativa referente ao mês de Dezembro de 2008. Fonte: INMET.

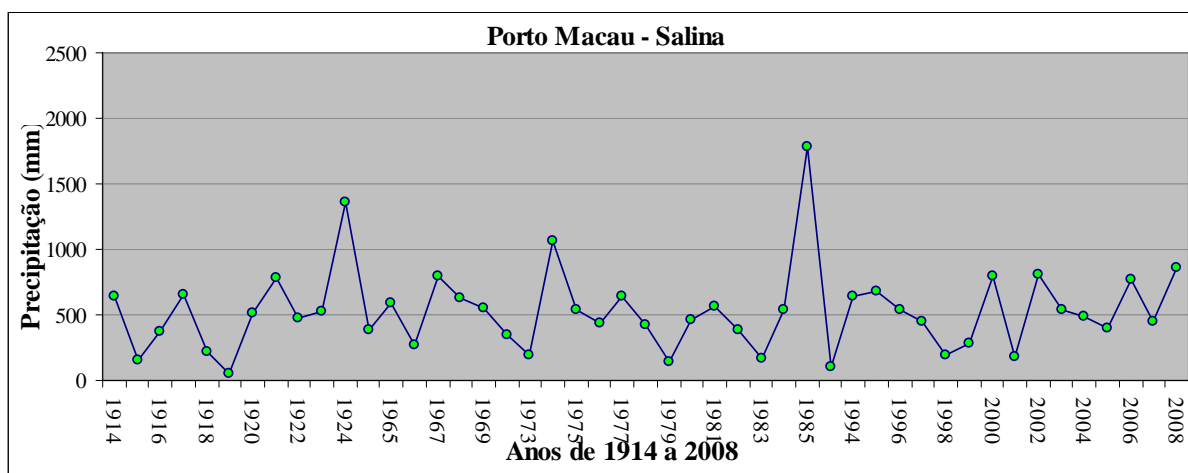


Figura 1.4: Precipitações pluviométricas acumuladas/ano, período de 1914 a 2008, Porto de Macau - Salina (Fonte: EMPARN).

1.5.1 - Recursos hídricos

A hidrografia da área apresenta-se na região da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu, bacia esta correspondente a maior que deságua no litoral norte potiguar (Souto, 2004). Por se tratar de área estuarina, a mesma é constituída de rios de pequeno porte, que recebe contribuições do continente em períodos chuvosos e, por isso, está sujeita basicamente à ação das marés, com variação máxima entre a preamar e a baixa-mar de 3,3 m e mínima de 0,9 m (IDEMA, 2002).

Apresenta regime de mesomaré, com marés do tipo semidiurnas, observando-se desigualdade diária, com amplitude de maré de quadratura de 127,79 cm, nível de maré médio de 133,1 cm e nível médio de maré alta de sizígia de 284,55 cm (IDEMA, 2002).

1.5.2 - Vegetação

A região em estudo apresenta basicamente dois tipos principais de vegetação: vegetação litorânea e vegetação de caatinga (IBAMA, 1992).

A vegetação litorânea está inserida numa área de intenso processo costeiro dinâmico, com forte influência marinha. Nessa região podemos observar diferentes espécies de vegetação de mangue próximo a estuários e linha de costa, bem como vegetação de dunas fixas, constituída por espécies herbáceas e rasteiras, além de algumas espécies típicas da Caatinga. (Figura 1.5). O manguezal está representado pelas seguintes espécies: mangue

vermelho (*Rhizophora mangle*), mangue branco ou mangue manso (*Lagunculária racemosa*), mangue canoé (*Avicennia schaueriana*) e mangue botão ou mangue ratinho (*Conocarpus erectus*).

Já a vegetação de Caatinga, que ocupa a parte sul da área, é constituída de espécies xerófilas e em sua maioria caducifólias, apresentando pequeno porte, com estratificação arbórea arbustiva, espinhenta e, por ocasião das chuvas, apresenta um estrato herbáceo bastante desenvolvido, o que caracteriza a região como sendo semi-árida. Trata-se de uma formação vegetal resistente a grandes períodos de estiagem, possuindo adaptações ao clima, como folhas transformadas em espinhos, cutículas, raízes bem definidas e com a capacidade de obter água do solo em grandes profundidades. Em algumas espécies é comum que suas folhas caiam, representando um modo de reduzir a área exposta à transpiração, o que evita a perda de água e que, aparenta está totalmente morta nos meses de julho a dezembro; sendo que aos primeiros sinais de chuvas torna-se exuberante, mostrando que se encontrava em processo de dormência vegetativa, revelando uma região rica em recursos genéticos dada a sua alta biodiversidade. As plantas mais representativas da Caatinga são a jurema preta, marmeleiro, pau-branco, xique-xique, juazeiro, pereiro, mandacaru, catingueira, aroeira, angico e imburana.

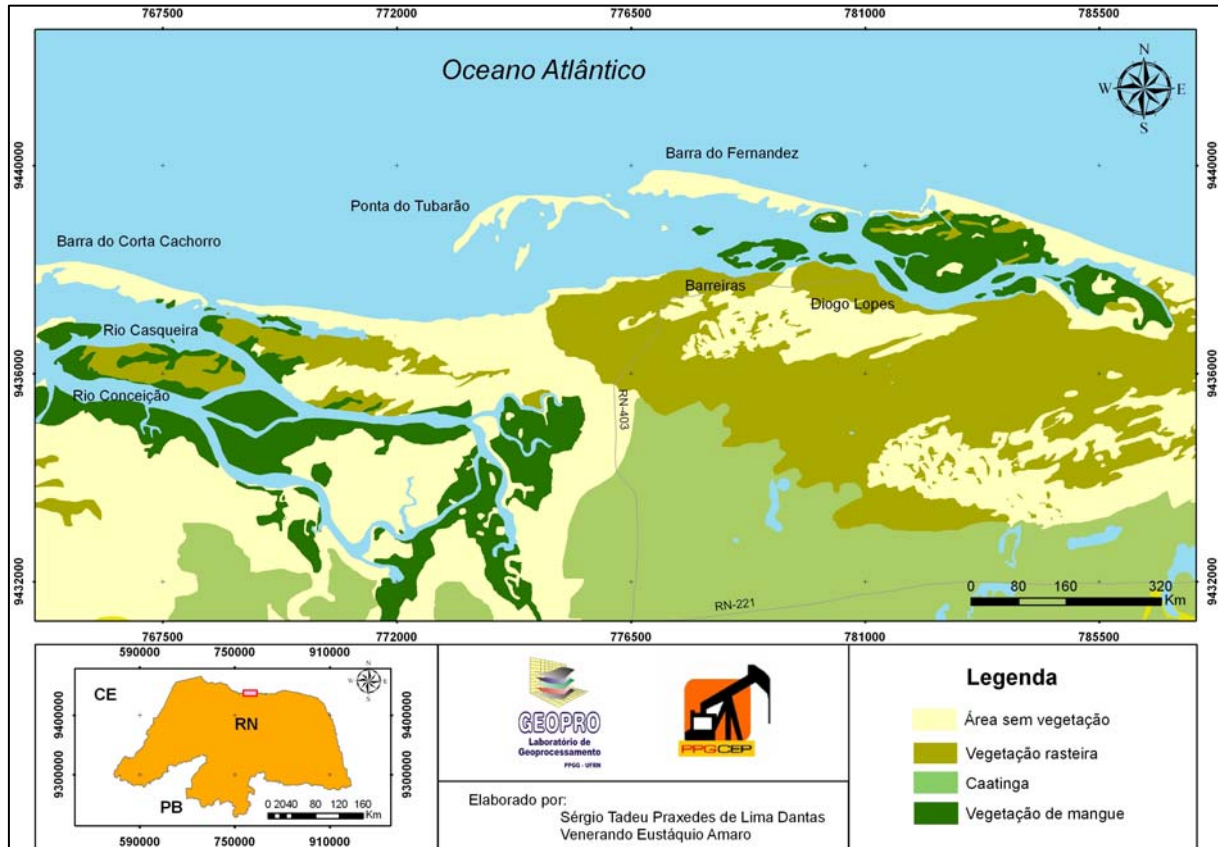


Figura 1.5: Mapa de vegetação, adaptado de Barros Pereira (2008).

1.5.3 - Pedologia

De maneira geral, a região em estudo apresenta três tipos de solos (SUDENE, 1971; BRASIL, 1981; IDEMA, 1999), a saber: Areias Quartzosas Distróficas, com textura arenosa, de baixa fertilidade, com excesso de drenagem e de relevo plano a ondulado; Solonchak Solonézico, de textura indiscriminada, elevada salinidade, mal drenado e de relevo plano e; Solonetz Solodizado, de textura indiscriminada, baixa drenagem e de relevo plano (Souto, 2004).

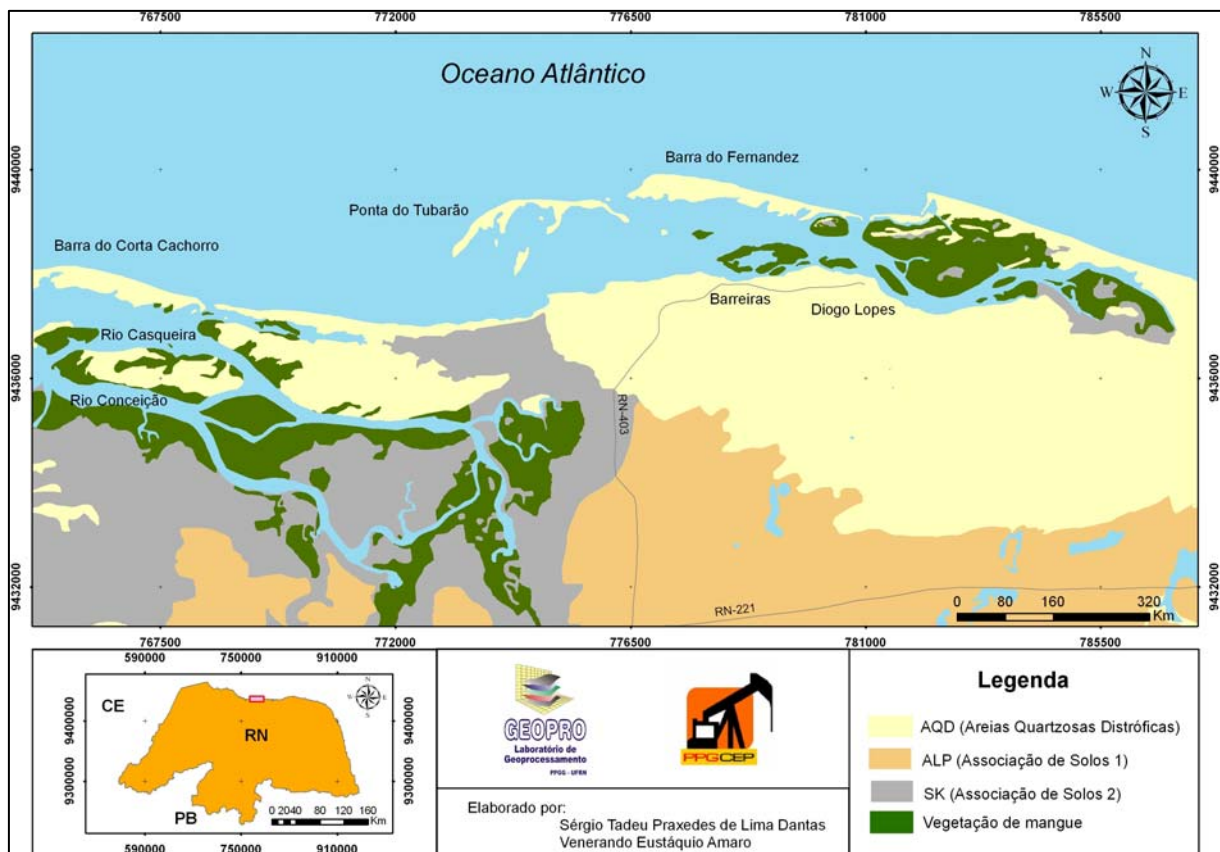


Figura 1.6: Mapa pedológico, integrando informações de Souto (2004) e Barros Pereira (2008).

Areias Quartzosas Distróficas (AQD)

Correspondem às dunas fixas, com vegetação do tipo arbustiva ou arbóreo-arbustiva, de horizonte A fracamente desenvolvido, e as dunas móveis, sem vegetação e/ou com presença de gramíneas e halófitas, sem o desenvolvimento de horizontes. Estes solos se encontram em relevo plano a suavemente ondulado, de textura média, com baixo teor de argila (menor que 15%), de drenagem acentuada, raso a profundo e com baixa fertilidade (Souto, 2004).

São solos concentrados próximo à costa, provenientes do retrabalho de sedimentos marinhos não consolidados de textura arenosa, depositados ao longo dos anos pela ação dos ventos e ondas (SUDENE, 1971).

Solonchak Solonético

São solos halomórficos, situados em áreas sob influência das marés, denominadas de planícies de inundação flúvio-estuarina, constituídos de uma associação de solos pouco desenvolvidos, com elevados teores de sódio trocáveis e, portanto, altamente salinos e pouco drenados (NATRONTEC, 1998). Apresenta vegetação do tipo halófila e grandes extensões sem vegetação devido à alta salinidade, denominadas de “deserto salino” (Souto, 2004).

A formação desses solos está relacionada aos sedimentos holocênicos que variam de argilosos a arenosos não consolidados. Por apresentar alto teor de salinidade, estes solos não possuem condições para o desenvolvimento de atividades agrícolas (Nascimento, 2009).

Solonetz Solodizado

Este tipo de solo possui textura indiscriminada, de baixa permeabilidade e baixa drenagem, bem como sujeitos à erosão hídrica, como laminar e em sulco. São solos encontrados em relevos planos a suavemente ondulados nos terraços flúvio-estuarinos (Souto, 2004). É encontrado na região em estudo sob três diferentes situações, principalmente por apresentar cobertura vegetal bem desenvolvida. Pode ser encontrado o Solonetz Solodizado Fase Vegetação de Caatinga, o Solonetz Solodizado Fase Vegetação Herbácea de Várzea e Solos Indiscriminados de Mangues (Nascimento, 2009).

1.6 - Correntes, ondas e marés

Os ventos sopram predominantemente de NE e E, controlados pelas oscilações da Zona de Convergência Intertropical, com velocidades de 9 m/s, entre agosto e outubro, e mínima de 5 m/s, em abril (Chaves *et al.*, 2006). Com a aproximação da zona costeira, podemos observar o fluxo das ondas na mesma direção dos ventos dominantes. A velocidade e direção dos ventos influenciam na movimentação das águas, por meio de ondas e circulação costeira e atuam como agente modificador da dinâmica sedimentar em praias e dunas móveis. A temperatura média da água do mar é de 28 °C, variando de 27 °C a 29 °C, durante as marés de enchente e vazante, respectivamente, sendo de 28 °C a temperatura em mar aberto (Santos *et al.*, 2002).

A energia das ondas é moderada à alta com incidência de E, NE e SE, atingindo alturas de 10 a 80 cm e período entre 4 e 8 segundos. Para todo o ano, a arrebentação é do tipo mergulhante (Chaves *et al.*, 2006). A circulação é controlada pela corrente de deriva litorânea paralela à linha de costa (sentido leste para oeste, com 20-105 cm/s) e correntes de maré (quase perpendiculares à linha de costa). Ao longo da costa, os esporões arenosos maiores refletem a ação das correntes de deriva litorânea e os menores, perpendiculares à costa, indicam a ação de correntes de maré (Vital, 2009).

Segundo Miranda (1983), as marés influenciam na hidrografia da região estuarina, com a variação entre a preamar e a baixamar, em regime de mesomaré semidiurna. Na data em que o satélite obteve uma das imagens utilizadas (referente ao mês de coleta) neste trabalho, 12/12/2008, a amplitude de maré variou de 0,4 m (maré de quadratura) a 2,7 m (maré de sizígia), ou seja, havia maré enchente no instante de imageamento do LANDSAT 5 TM. A alta energia da maré provoca a mobilização de sedimentos de fundo nas proximidades da costa e formação de pequenos deltas de maré vazante ao longo dos sistemas de ilhas barreiras, esporões arenosos e foz de rios (Vital, 2009).

1.7 - Aspectos socioeconômicos

A área de estudo está inserida na Ponta do Tubarão, nas proximidades das comunidades Barreiras e Diogo Lopes, pertencentes ao Município de Macau-RN, que é localizado na região salineira do Vale do Açú, que por sua vez, representa uma área que possui extensão territorial de 788 km² onde habitam 26.855 pessoas, com uma taxa de urbanização de 72,4% (Nascimento, 2009).

O Estado do Rio Grande do Norte compreende atividades econômicas de grande importância, sendo que, para a região de Macau em estudo, merecem destaque a indústria petrolífera, a indústria salineira e a carcinicultura, que tem gerado uma grande ocupação das áreas estuarinas, o que resulta na degradação ambiental devido, principalmente, aos desmatamentos, invasão de áreas de preservação permanente, uso irracional do solo, avanços sobre os manguezais e áreas inundadas, dentre outros fatores que interferem diretamente na dinâmica costeira e seus ecossistemas.

O Rio Grande do Norte apresenta-se como maior produtor nacional de petróleo em terra e segundo maior produtor em mar. Com isso, deve ser dada bastante atenção já que é uma atividade que demanda altos riscos ambientais, devido se tratar de um agente altamente

poluidor e apresentar produções tanto *onshore* como *offshore*. Além disso, essa atividade de produção e exploração também demanda um alto potencial de riscos ambientais por estar instalada em áreas de intensa dinâmica costeira.

Dessa forma, a produção sustentável buscada na aplicação desta pesquisa, que propõe um reflorestamento/replanteio com espécies típicas de manguezal, pode assegurar e manter duas frentes de alto valor. A primeira é o valor ambiental, contribuído pelo aumento na proporção da fauna e flora, com conseqüente elevação da riqueza biológica, o que beneficia populações ribeirinhas, garantindo seus imensos recursos pesqueiros. A segunda que é gerada pela proteção da linha de costa (redução do processo erosivo), mantém a produção sustentável dos campos e traz benefícios econômicos para a PETROBRAS, o que pode refletir em *royalties* para o Município e o Estado.

Na região, podemos destacar a exploração por parte da PETROBRAS, a qual iniciou suas atividades exploratórias, em agosto de 1982, com a descoberta do Campo de Macau, que teve seu desenvolvimento em fevereiro de 1983. Em 1984 se deu a construção do píer de Macau que, por orientação da Capitania dos Portos, foi retirado em 1997. Podemos observar também ao longo da história, um aumento na exploração e produção a partir de agosto de 1996, após a instalação do Campo de Serra; além da implantação do Parque Eólico em 2003 (Nascimento, 2009).

Segundo Nascimento (2009), o Campo de Macau possui uma produção acumulada de 341.918 m³/d (Fevereiro/08). Já o Campo de Serra apresenta uma produção acumulada de 1.867.073 m³/d (Fevereiro/08). Estas produções são referentes tanto no mar quanto em terra.

1.8 - Litoestratigrafia da Bacia Potiguar

A área em estudo está inserida no contexto tércio-quadernário da Bacia Potiguar (Figura 1.7) que, por sua vez, localiza-se na porção mais Oriental do Nordeste do Brasil e compreende parte dos estados do Rio Grande do Norte e Ceará e suas respectivas plataformas continentais.

Esta Bacia está implantada na Província Borborema (Almeida *et al.*, 1977) e compreende uma área de 48.000 Km² aproximadamente, sendo 21.500 Km² emersos e 26.500 Km² submersos (Soares *et al.*, 2003; Pessoa Neto *et al.*, 2007), limitando-se a Sul e a Oeste com rochas do Embasamento cristalino; a Sudeste, com a Bacia Pernambuco-Paraíba; a

Noroeste, com a Bacia do Ceará Norte; e, ao Norte, com o Oceano Atlântico, na cota batimétrica de - 2000 m.

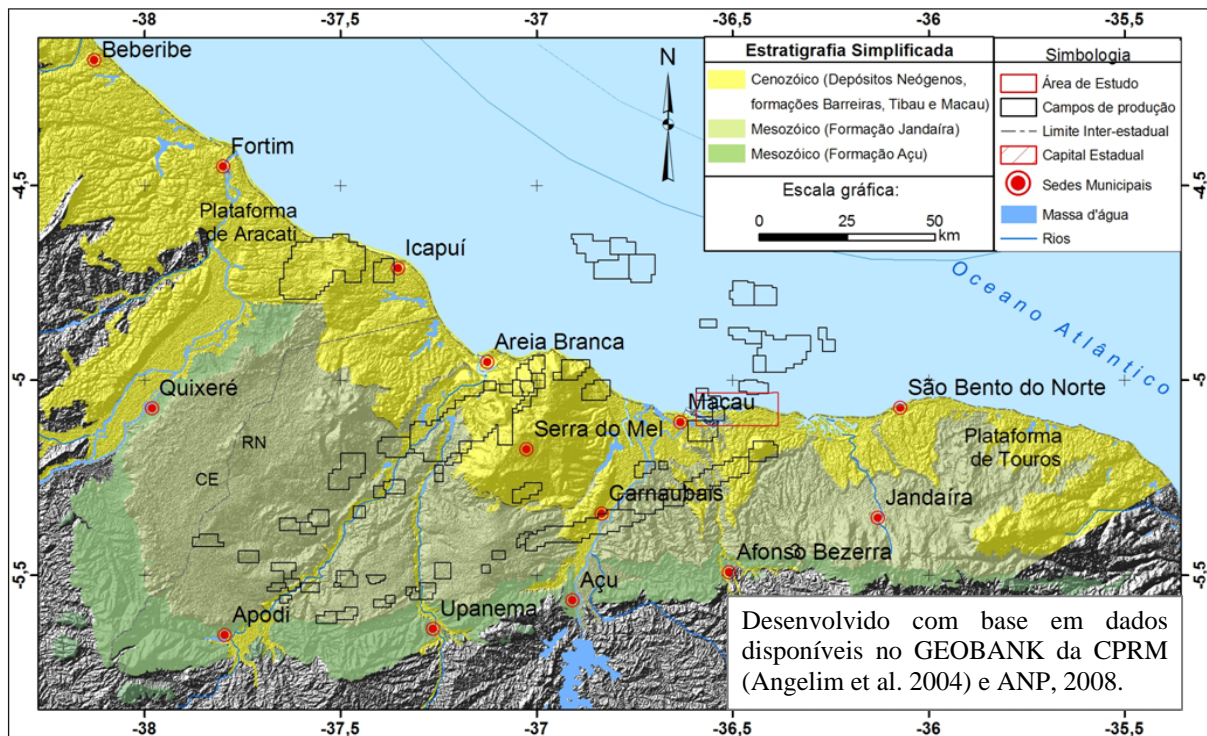


Figura 1.7: Contexto geológico da Bacia Potiguar. Adaptado de Valentim da Silva, 2009.

O preenchimento sedimentar da Bacia Potiguar está intimamente relacionado à atual distribuição das unidades litoestratigráficas em três superseqüências: Rifte (Cretáceo Inferior); Pós-rifte (Andar Alagoas, no Aptiano); e Drifte (Albiano até o recente) (Pessoa Neto *et al.*, 2007). Figura 1.8.

A Superseqüência Rifte é constituída pelos depósitos flúvio-deltaicos e lacustres das formações Pendência e Pescada. Os depósitos flúvio-deltaicos da Formação Alagamar correspondem à Superseqüência Pós-rifte, onde acontecem os primeiros registros de transgressão marinha em regime tectônico de quietude relativa, com subsidência térmica e deriva continental. Com relação à Superseqüência Drifte, a mesma se constitui em uma seqüência flúvio-marinha transgressiva que corresponde às formações Açú, Ponta do Mel, Quebradas, Jandaíra e Ubarana; essa seqüência transgressiva se apresenta recoberta por uma seqüência marinha regressiva de natureza carbonática e clástica, onde se têm as formações Ubarana, Tibau, Guamaré e Barreiras (Araripe e Feijó, 1994; Souza *et al.*, 2004; Pessoa Neto *et al.*, 2007).

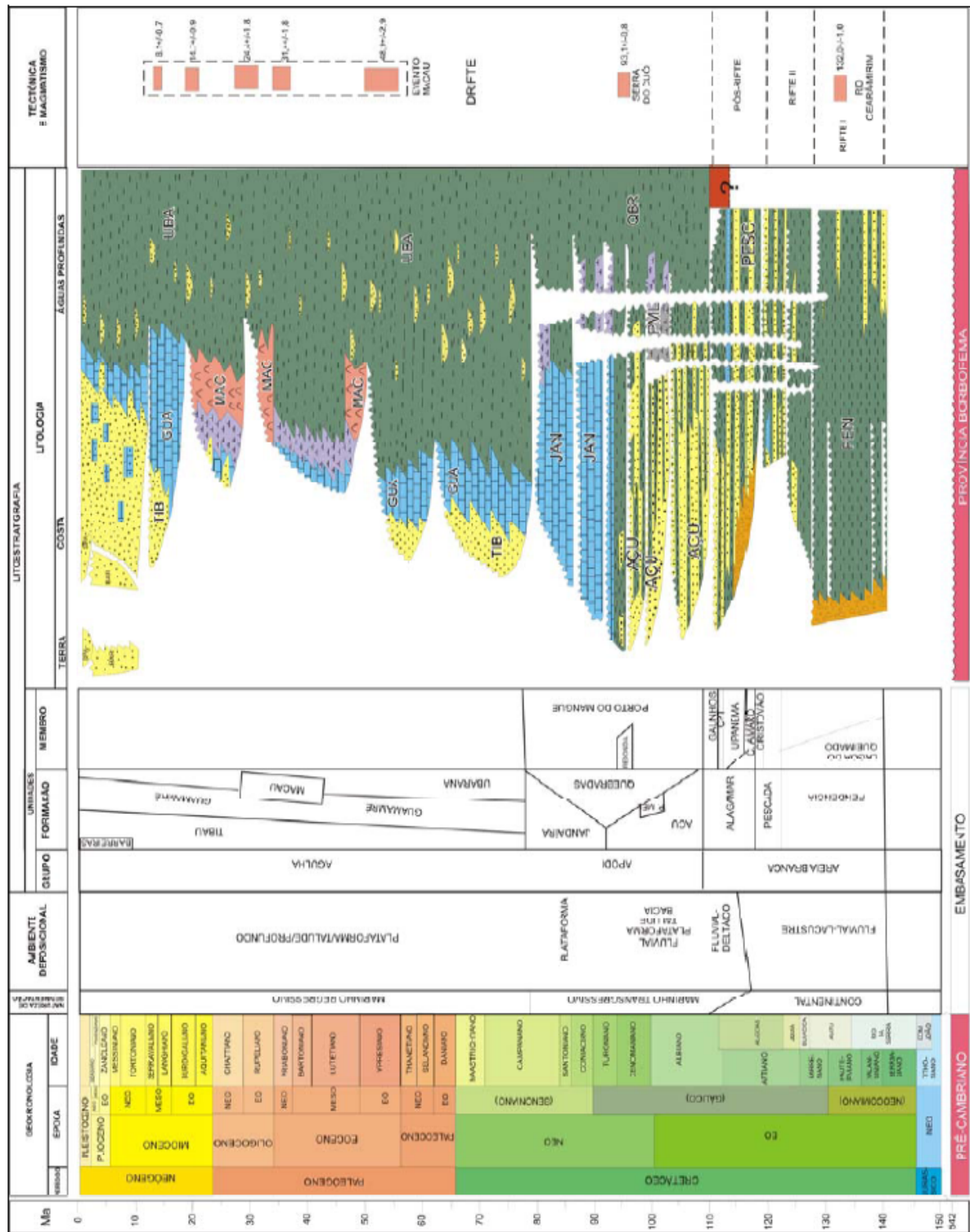


Figura 1.8: Cronoestratigrafia, seqüências deposicionais e evolução tectônica da Bacia Potiguar, segundo Pessoa Neto *et al.* (2007).

1.9 - Geologia local

As unidades geológicas presentes na área (Figura 1.9) são de idade Cenozóica e correspondem aos arenitos das formações Tibau (E3N1) e Barreiras (ENb), Depósitos Flúvio-

Marinhos (N34fm), Depósitos de Manguê (N4m), Depósitos Eólicos Vegetados (N4elv), Depósitos Eólicos Não-vegetados (N4eln) e Depósitos Litorâneos de Praia (N4lp) (adaptado de Valentim da Silva, 2009).

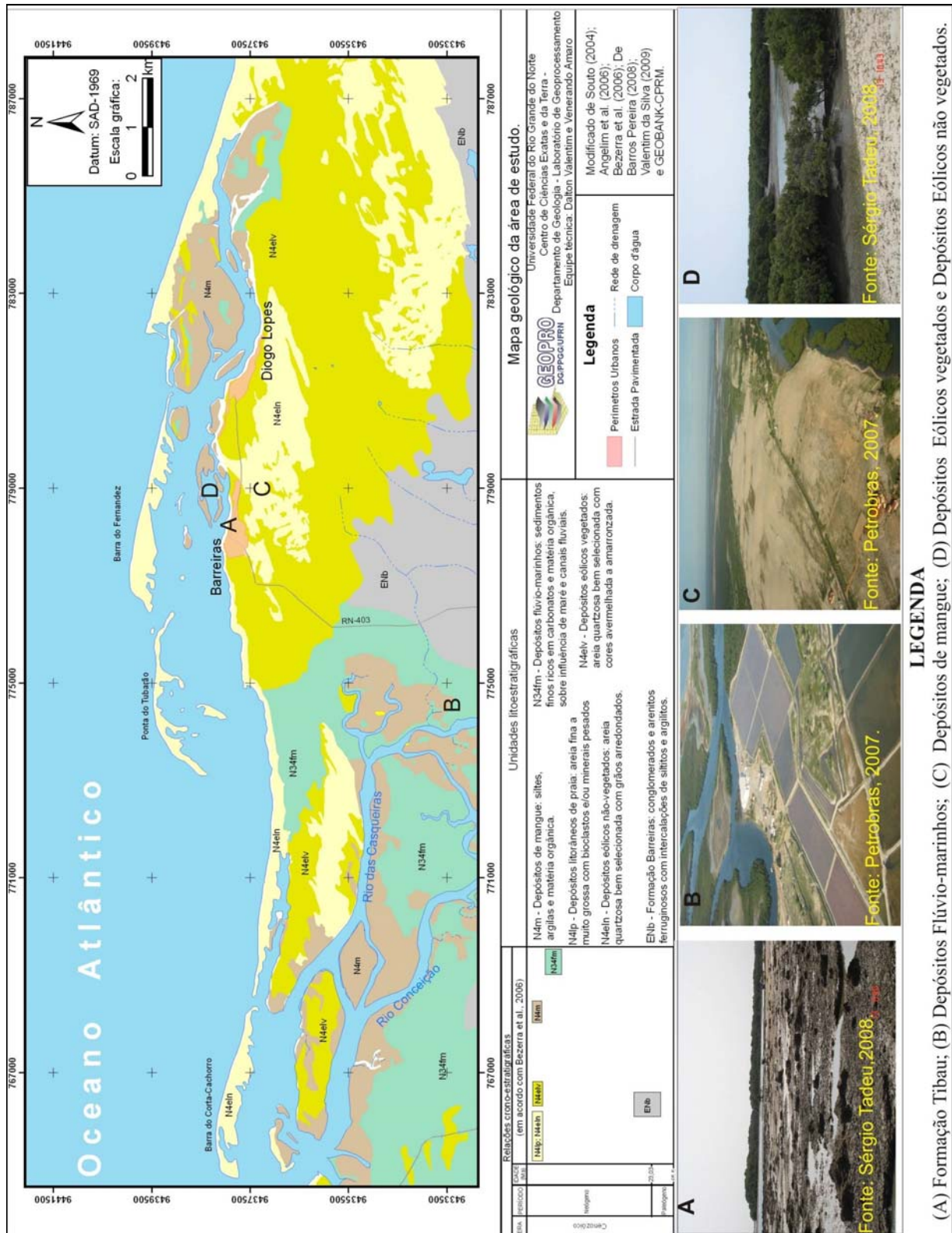


Figura 1.9: Mapa geológico da área em estudo (adaptado de Valentim da Silva, 2009).

Formação Tibau (E3N1)

A Formação Tibau encontra-se na porção SE da área, nas proximidades da RN-221, em contato com a Formação Jandaíra (Cretáceo) ou com as intrusões da Formação Macau, que é considerada contemporânea ou posterior à Formação Tibau. Outro setor da área onde a Formação Tibau pode ser observada é na porção NE, na base da Falésia de Chico Martins, bem como nas proximidades da comunidade Barreiras (Figura 1.9-A), com uma coloração amarelada e juntas preenchidas com direção NW, sendo sobreposta pela Formação Barreiras (avermelhada) que, por sua vez, é sobreposta pela Formação Potengi (alaranjada). A granulometria dos sedimentos da Formação Tibau consiste na fração areia grossa, com grãos calcíferos dolomitizados, concreções ferrosas e grânulos de quartzo (Souto, 2002).

Formação Barreiras (ENb)

Segundo Pessoa Neto *et al.* (2007), esta seqüência siliciclástica denominada Formação Barreiras teve sua deposição iniciada no Mioceno. Os arenitos grossos a conglomeráticos de cores avermelhada, amarela e roxa, bastante intemperizados que constituem a Formação Barreiras ocorrem em grande parte da área em cortes de estrada e falésias. Também ocorrem arenitos finos amarelados com caulinita, epidoto, quartzo, turmalina e plagioclásio e na forma de laterita. Os grãos são sub-arredondados e pobremente selecionados e o sistema deposicional desta unidade é do tipo fluvial entrelaçado.

Depósitos Flúvio-marinhos (N34fm)

Estes depósitos correspondem à áreas úmidas inundáveis que estão submetidas à influência da maré nas regiões abrigadas por *spits* e ilhas barreiras (Valentim da Silva, 2009). São áreas compostas por sedimentos nas frações granulométricas areia fina e silte, pobremente selecionados, com alto teor de carbonato de cálcio e matéria orgânica.

São nestes depósitos flúvio-marinhos que podem ser observados uma intensa ocupação das indústrias de carcinicultura e salineira, além da ocorrência dos bancos areno-lamosos total ou parcialmente submersos, que são de grande valia para o contexto morfodinâmico e para o desenvolvimento desse estudo, que busca entender a estabilidade destas áreas e alternativas mitigadoras ao processo erosivo presente.

Depósitos de mangue (N4m)

Estes depósitos encontram-se ao longo das margens de canais flúvio-marinhos, bem como em regiões protegidas por *spits* e ilhas barreiras. Diz respeito às zonas infra, inter e

supramarés, localizadas na planície estuarina, como podemos visualizar na região da RDSEPT (Reserva de Desenvolvimento Sustentável Estadual da Ponta do Tubarão), bem como na região do Corta Cachorro. Segundo Nascimento (2009), as regiões de inframaré correspondem aos canais de maré, encontrados sempre submersos; os ambientes de intermaré dizem respeito às áreas alagadas, entre as marés médias altas e baixas normais e os ambientes de supramaré se caracterizam pelas regiões inundadas pelo mar quando das grandes marés cheias de sizígia (lua nova ou cheia). Na Figura 1.9-C, podemos observar áreas com vegetação de manguezais.

Depósitos eólicos vegetados (N4elv)

Estes depósitos apresentam-se em coloração amarelo-clara e textura rugosa no mapa geológico mostrado na Figura 1.9-D. Estes depósitos correspondem às dunas fixas e são constituídos por sedimentos eólicos quaternários, onde predominam grãos de quartzo com granulometria que varia de fina a média, bem selecionado e arredondados, além da presença de silte e argilas pedogenéticas, formando dunas eólicas, fixas por vegetação, o que impede seu deslocamento (Souto, 2004; Angelim *et al.*, 2006).

Depósitos eólicos não-vegetados (N4eln) e Litorâneos de Praia (N4lp)

São considerados como depósitos eólicos não vegetados, as dunas móveis constituídas por areias esbranquiçadas de coloração fina a média, bem selecionadas, sobrepostas aos depósitos eólicos vegetados, ou recobrimo ilhas barreiras; que se deslocam para SW, com velocidade média anual de 20 Km/h ou 5,5 m/s (Miranda, 1983). São sedimentos constituídos de frações de areias predominantemente quartzosas variando de fina a média, com presença de grãos bem arredondados a subarredondados, bem selecionados. Ao longo das imagens processadas no capítulo 4, podemos verificar a inexistência de rugosidade apresentada nas dunas móveis, nas proximidades das comunidades de Barreiras e Diogo Lopes, o que diferencia dos depósitos eólicos vegetados. Os depósitos litorâneos de praia, como o próprio nome evidencia, ocorrem na faixa litorânea em contato direto com o oceano e são constituídos por areias quartzosas ricas em bioclastos, formando ilhas barreiras, *spits* e bancos arenolamosos (Valentim da Silva, 2009).



13 10:43

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

2.1 - Introdução

Este capítulo tem como intuito a realização de uma revisão dos métodos e fundamentos teóricos utilizados nesta pesquisa. O objetivo é fornecer subsídios para facilitar o entendimento dos temas tratados. Neste contexto, são agrupados em tópicos os temas aqui estudados, como a indústria petrolífera; elementos maiores e traços; o ecossistema de manguezais, incluindo sua importância, distribuição e flora e a importância da caracterização físico-química como base para a pesquisa.

2.2 - A indústria petrolífera

Tem-se como petróleo, um combustível fóssil de grande significado e valor para economia mundial. Dentro de sua ampla utilização industrial, podemos destacar a obtenção de substâncias diversas como os combustíveis, óleos e massas lubrificantes, asfalto, tintas e plásticos (Nascimento, 2003 e Guimarães, 2007).

Dentro do contexto histórico é ressaltado por diversos autores, destacando-se Thomas (2001) que, em 1941, foi descoberto no Brasil, o primeiro campo comercial, em Candeias – BA, dando início às pesquisas brasileiras na produção de petróleo. Em 1953, durante o governo do então Presidente Getúlio Vargas, foi criada a PETROBRAS que iniciou a busca decisiva e extensa nas pesquisas a respeito de hidrocarbonetos. A partir de 1970, as buscas em bacias submersas se intensificaram e com a descoberta de hidrocarbonetos na Bacia de Campos - RJ, as reservas brasileiras duplicaram. Em meados da década de 80, a produção dos campos *offshore* ultrapassava a dos campos petrolíferos em terra. Desde então, foram descobertos novos campos petrolíferos, aperfeiçoadas as técnicas de exploração, tanto em terra como em mar, além da criação de refinarias, etc.

Atualmente, no que diz respeito à Bacia Potiguar, ela é considerada, com relação ao território nacional, como a maior produtora de hidrocarbonetos em terra e segunda maior em mar, com uma produção diária de 100.000 barris de óleo (85.000 no RN e 15.000 no CE) e 4 milhões de m³ de gás natural (ANP, 2008).

Porém, apesar de sua vasta importância de valor econômico, a atividade de exploração de hidrocarbonetos localizada na plataforma continental, principalmente do tipo “*offshore*” para a área em estudo, é uma fonte potencial de impactos ambientais. Além dos riscos provenientes de acidentes durante a operação de poços, prospecção e perfuração, esta é uma

atividade que pode ser considerada numa fonte relevante não só de hidrocarbonetos e derivados de petróleo como também de partículas de sedimentos em suspensão e outras substâncias químicas, em especial metais pesados, que fazem parte dos componentes de fluidos de perfuração e do petróleo, onde podem variar em termos de concentração, a depender do tipo e origem do óleo (Pozebon *et al.*, 2005). Para Lacerda & Marins (2006), os metais pesados podem proporcionar interferência à biota oceânica que, de maneira geral, se encontra submetida a concentrações muito baixas de “*background*”.

Entretanto, para Lacerda & Marins (2006), a notificação de prováveis alterações na concentração de metais pesados em sedimentos oriundos de atividades de produção e exploração de hidrocarbonetos depende de uma caracterização prévia da variação natural destes contaminantes no meio. A dispersão de metais nos sedimentos de plataforma pode originar-se tanto de fatores alóctones, como por exemplo, do aporte continental, quanto de fatores autóctones, pela precipitação de carbonatos, dificultando, dessa forma, a interpretação de resultados de programas de monitoramento, como também a identificação de possíveis contaminações recentes.

Dentro da composição do petróleo, os metais pesados encontram-se em baixas concentrações e estão incorporados em grandes estruturas orgânicas denominadas porfirinas (Gabardo, 2007).

Na produção de petróleo offshore, a água do mar injetada para manter a pressão do poço torna a água produzida uma eventual mistura da mesma com a água da formação. Sendo assim, a água produzida diz respeito à água trapeada em subsuperfície e aprisionada na formação rochosa (Gabardo, 2007). Essa água possui concentrações de metais que podem ser transportados através de sedimentos em suspensão e se acumularem no ambiente. Na água produzida, podem estar presentes cádmio, cobre, níquel, chumbo e zinco em concentrações mais de 1.000 vezes acima das águas normais oceânicas (Swan *et al.*, 1994).

2.3 - Participação de elementos maiores e traços na cadeia alimentar e em sedimentos de solo

A expressão sedimento é oriunda do latim e possui em seu significado, de acordo com uma tradução etimológica literal, deposição ou aquilo que é passível de se depositar (Ribeiro, 2002). Normalmente, os sedimentos são constituídos de correlações entre uma variação de minerais e diferentes frações granulométricas que variam de finas, médias e grossas, incluindo

areia, silte e argilas, quando se trata de origem detrítica. Já para os sedimentos de origem química, ocorrem elevadas concentrações de elementos nas bacias de sedimentação, o que favorece sua precipitação no meio (Bezerra, 2009).

O termo elemento-traço é utilizado para definir metais normalmente presentes em baixas concentrações no ambiente. É possível detectar se os metais se acumulam ou são liberados para o meio, a depender da forma como os mesmos se ligam aos sedimentos. A concentração metálica fortemente relacionada ao retículo cristalino dos minerais no sedimento é considerada como inerte, de maneira que os elementos-traço não são solubilizados para o meio através de processos físico-químicos comuns. Este caráter de fixação ou remobilização definirá o tempo de acumulação dos elementos-traço no sedimento, dependendo das variações das forçantes encontradas no ecossistema abordado (Bezerra, 2009).

Os metais pesados são considerados como elementos tóxicos, mesmo encontrando-se em baixas concentrações. Entretanto, em quantidades certas, podem ser essenciais aos organismos por participarem do metabolismo dos mesmos (Araújo, 2005). Na Tabela 2.1 a seguir, Garlipp (2006) subdividiu os metais em três grupos principais:

Tabela 2.1: Principais grupos de metais pesados. Adaptado de Garlipp (2006).

Classificação	Características
Essenciais	Sua ausência ou quantidades reduzidas ou elevadas causam transtornos metabólicos. Não podem ser substituídos por outros em seu papel bioquímico. ex.: Cr, Cu, Fe, Mn, Ni e Zn.
Não essenciais	Desempenham funções bioquímicas importantes, porém não são imprescindíveis para a saúde e bem estar metabólico dos seres vivos, sendo que em sua ausência não promovem efeitos benéficos nem maléficis. Ex.: Li, Rb e Sr.
Tóxicos	Em quaisquer concentrações, causam efeitos danosos à saúde e bem estar metabólico dos organismos. Ex.: Cd, Hg e Pb.

Em particular, os metais pesados abrangem um grupo de elementos cuja dispersão global se reflete, em grande parte, às atividades antropogênicas, causando preocupação por seus efeitos adversos ao meio ambiente e à saúde humana (Nascimento, 2008). Encontram-se no ambiente tanto como elementos individuais quanto na forma de compostos orgânicos e inorgânicos, além de complexos adsorvidos (Garlipp, 2006).

Os elementos-traço encontram-se naturalmente em solos e ecossistemas aquáticos superficiais e subsuperficiais. O aparecimento e/ou aumento em suas concentrações está ligado tanto a processos naturais, que dizem respeito à decomposição das rochas

(intemperismo), à lixiviação no perfil do solo e à composição química da rocha de origem (Neves, 2008), quanto às fontes antropogênicas, que estão relacionadas com a presença de descartes industriais e efluentes de esgotos municipais.

De maneira geral, o deflúvio superficial urbano contém todos os poluentes que se depositam na superfície do solo. Assim, à medida da ocorrência de chuvas, os materiais acumulados são arrastados para os cursos de água superficiais, constituindo-se em uma fonte de poluição, já que os metais pesados, diferente de alguns compostos orgânicos, são considerados como não biodegradáveis (Clark, 2001).

Depois de adicionados aos sedimentos, os elementos-traço apresentam uma forte interação e podem se tornar parte do solo, tornando-se móveis. Essa mobilidade dos elementos no solo está condicionada por um equilíbrio dinâmico entre os vários componentes do solo, prevalecendo interações incluindo adsorção e dessorção, precipitação e dissolução, acúmulo e decomposição da matéria orgânica, bem como os processos de oxidação e redução (Silva, 2006).

Araújo (2005) descreve que os elementos-traço podem ser retidos no solo por adsorção na superfície das camadas minerais, por complexação com substâncias húmicas nas partículas orgânicas ou por reações de precipitação.

Dependendo do teor (quantidade) e da natureza química dos elementos, estes podem ser lixiviados para camadas mais profundas, levado à atmosfera e absorvidos pelas plantas. A possibilidade da transferência dos elementos-traço presentes na solução dos solos para a cadeia alimentar gera preocupação e merece atenção (Chen, 2005).

Segundo Barros (2001), o mecanismo de ação dos metais pesados no organismo está relacionado com a alta afinidade dos cátions por enxofres pertencentes às enzimas que controlam a velocidade das reações metabólicas. Moura (2001) apresenta os principais metais e respectivas fontes poluidoras, como podemos verificar na Tabela 2.2.

Tabela 2.2: Presença de metais pesados em diversas indústrias (Moura, 2001).

Indústria	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Sn	Zn
Petroquímica e produtos orgânicos	x	x		x	x		x	x
Refinaria de petróleo	x	x	x		x	x		x
Aço	x	x	x		x	x	x	x
Metais não ferrosos	x	x	x	x	x			x

Os metais pesados, a depender de concentrações acima do normal, possuem efeitos prejudiciais sobre algumas funções biológicas. Há uma preocupação crescente com relação

aos efeitos da ingestão de alimentos contendo esses elementos. Dessa forma, Barros (2001) cita o efeito tóxico de alguns metais, apresentando limites de ingestão, que tipo de doença e o que pode provocar no organismo, Tabela 2.3.

De acordo com a literatura pesquisada, quanto mais fina for a granulometria do solo/sedimento, normalmente variando em torno de 0,0625 mm, maior será a quantidade de metais nele encontrado; ou seja, a grande área superficial das argilas, em função do seu diâmetro reduzido, favorece a adsorção e subsequente sedimentação dos elementos de origem natural ou antrópica. Com isso encontramos uma maior razão área superficial/tamanho do grão (Santos *et al.*, 2002). Portanto, ao realizarmos a extração das amostras para posterior leitura de elementos maiores e traços, optamos pelo ataque do ácido nítrico concentrado na fração mais fina da amostra (< 0,0625 mm), aumentando a superfície de contato (discutido na metodologia).

Tabela 2.3: Efeito de toxicidade dos metais pesados, segundo Barros (2001).

METAL	EFEITO TÓXICO
Al	Não há limite de ingestão É pouco absorvido pelo organismo
Cd	Doença: Itai-Itai Irritação gastrointestinal, problemas nos ossos Carcinogênico, em doses > 0,01 mg/L Limite de ingestão: 1 µg/g
Cr*	Na forma de Cr ³⁺ é essencial à saúde Na forma Cr ⁶⁺ é tóxico e cancerígeno Limite de ingestão: 0,1 µg/g
Cu*	Vômitos, náuseas, taquicardia Limite de ingestão: 30 µg/g
Hg	Doença: Minamata Afeta glândulas salivares, rins, funções psicológicas e motoras Limite de ingestão: 0,5 µg/g Dose fatal por ingestão: 3 a 30g
Ni	Provoca reações alérgicas (dermatites, asma), náuseas, vômitos, fraqueza e alterações funcionais cardíaca e uterina e Câncer de pulmão Limite de ingestão: 50 µg/g
Pb	Doença: Saturnismo Cumulativo nos ossos, convulsões, tremores, insuficiência renal Limite de ingestão: 8 µg/g
Mn*	É detectado em pulmões, fígado e rins, quando o trabalhador é exposto a concentrações elevadas.
Se	Aumento de cáries dentárias nas crianças

Ag	Efeito cumulativo Dose letal: 10 g como nitrato de prata
Ba*	Causa bloqueio nervoso Dose letal: 0,8 a 0,9 g como cloreto
As	Efeito cumulativo Ingestão > 100 mg/L causa grave intoxicação Dose letal: 130 mg/L

* Elementos essenciais.

2.4 - Ecossistema manguezal

Schaeffer-Novelli (1995) considera-o como sendo um ecossistema costeiro de transição entre os ambientes terrestres e marinhos (estuário, lagunas e planícies de maré), característico de regiões tropicais e subtropicais.

Os manguezais desenvolvem-se principalmente nos solos lamosos de rios ao longo da zona influenciada pelas marés, tanto para dentro do estuário, onde as variações de marés impulsionam as algas salgadas do mar para o continente através dos canais fluviais, como para as laterais dos rios, em zonas sujeitas a inundações ao longo dos estuários.

Esses ecossistemas são, geralmente, sistemas jovens que, seguindo a dinâmica das marés nas áreas onde se localizam, proporcionam a modificação na topografia desses terrenos. São sistemas funcionalmente complexos que possuem vegetação instalada em substratos de vasa de formação recente, de pequena declividade, sob a ação diária das marés de água salgada ou, pelo menos, salobra (Schaeffer-Novelli, 1999).

2.4.1 - Importância dos manguezais

Os manguezais não são ambientes muito ricos em espécies, porém, se destacam pela grande abundância das populações que neles vivem. Poucas espécies de plantas estão aptas a sobreviverem em locais inundados constantemente pela ação marinha e com pouca presença oxigênio, mas isso não impede que florestas cresçam em águas salobras.

O alto valor dos manguezais está na relação direta à proteção da linha de costa que, por sua vez, oferece condições favoráveis para alimentação, proteção e reprodução de diversas espécies animais, sendo importante exportador de matéria orgânica para os estuários,

o que contribui para uma elevada produtividade biológica na zona costeira. Por essa razão, constituem-se em ecossistemas complexos e dos mais férteis e diversificados do planeta.

Com relação à fauna, esta representa significativa fonte de alimentos e possui, nos recursos pesqueiros (peixes, moluscos e crustáceos), fontes de proteína animal de alto valor nutritivo. Dessa forma, a manutenção e/ou restauração de manguezais, torna-se vital para subsistência das comunidades que vivem em seu entorno. Em particular para o litoral nordeste do Brasil devido ao clima semi-árido, às condições oligotróficas das águas costeiras e à importância da pesca artesanal, estas propriedades se destacam e ressaltam o imenso valor ecológico e ambiental que constituem o ecossistema manguezal (Maia *et al.*, 2005).

Apesar de sua vital importância, muitas áreas de manguezais em todo o mundo vêm sendo sacrificadas em favor da pressão antrópica, ou seja, a destruição gratuita, a poluição doméstica e química das águas e solos, derramamento de hidrocarbonetos e aterros mal planejados, além de outros, se tornam grandes inimigos do manguezal.

Dentre as diversas pressões antrópicas, em especial no Estado do Rio Grande do Norte, destacam-se o setor salineiro, a carcinicultura e a indústria petrolífera. Isto nos mostra uma preocupação que leva em consideração alguns elementos essenciais como Fe, Cu, Zn e Mn, mas, principalmente, os elementos não essenciais às plantas, como o Pb, Cr e Cd, que, quando acumulados podem ter seus efeitos multiplicados, oferecendo riscos à saúde humana.

2.4.2 - Ocorrência e distribuição geográfica

Segundo Kjerfve e Lacerda (1993), as florestas de manguezais no Brasil cobrem aproximadamente 1,38 milhões de hectares (13,800 Km²), representando 50% da área total de mangue das Américas e a segunda maior área de manguezal mundial. As regiões sul e sudeste da Ásia de acordo com Spalding *et al.* (1997), ocupam o primeiro lugar com 75,173 Km².

No Brasil, os manguezais ocupam significativas extensões da costa, aproximadamente 92% do litoral (~ 6.800km), ocorrendo desde o extremo norte (Rio Oiapoque, Estado do Amapá, 04°20'N) até na Santa Catarina (Laguna, 28°30'S) (Schaeffer-Novelli, 1995).

No litoral do nordeste, Herz (1991) foi quem publicou o primeiro mapa consolidado das áreas de manguezais no Brasil, baseando-se em imagens de sensoriamento remoto para o ano de 1978.

Para a costa nordeste semi-árida, a presença de florestas de mangue estende-se desde Camocim, no estado do Ceará (3°65'S) até a Ilha de Itamaracá, Pernambuco (7°30'S) (Maia *et al.*, 2005).

Devido à sua importância econômica para a população litorânea, nos últimos anos, estudos têm revelado um grande aumento no uso e ocupação das regiões estuarinas. No caso da área em estudo, esse avanço se destaca principalmente com relação às atividades de extração de hidrocarbonetos, de aquicultura e crescimento urbano, que se mostram como fatores antrópicos de relevância para a modificação dos processos naturais que envolvem a evolução dos manguezais. Entretanto, também estão envolvidos fenômenos naturais, como por exemplo, a migração de dunas móveis e de ilhas barreiras litorâneas em curto prazo, e a flutuação relativa do nível do mar ou as modificações climáticas em longo prazo. De forma individual ou conjunta, esses fatores podem alterar de forma significativa os ecossistemas costeiros, de maneira que se torna necessário o monitoramento de forma sistemática das modificações na cobertura de manguezais (Maia *et al.*, 2005).

2.4.3 - Flora

A flora dos manguezais possui características morfológicas e adaptações das árvores específicas, o que os tornam ecossistemas funcional e estruturalmente únicos. Nessas características se incluem raízes aéreas, dispersão de propágulos através das correntes controladas pelas marés, rápido crescimento de copa, ausência de anéis de crescimento, eficiente mecanismo de retenção de nutrientes, alta tolerância à ambientes salinos, retenção de água e importante contribuição no que diz respeito ao balanço de carbono (Alongi, 2002).

A baixa diversidade genética da flora do ecossistema manguezal, em contraste com a mata atlântica, por exemplo, se deve às condições abióticas às quais este ecossistema está submetido, além de sofrer com as oscilações das marés. Em todo o mundo, existem apenas 28 gêneros e cerca de 70 espécies de mangues, sendo 17 exclusivamente presentes neste habitat (Duke *et al.*, 1998).

No que diz respeito ao nível global, o ecossistema manguezal é limitado, de forma geral, pela temperatura e encontra-se restringido às regiões tropicais e subtropicais, existindo exceções fora dos limites subtropicais, segundo Spalding *et al.* (1997); são encontrados nas Bermudas (32°20'N) e Japão (31°22'N), ao sul da Austrália (38°45'S), Nova Zelândia (38°03'S) e ao leste da costa do Sul da África (38°45'S). No entanto, em escala regional,

podem ocorrer variações inerentes à área e à biomassa das florestas de mangue, dependendo das relações existentes entre as condições hidrológicas e oceanográficas, podendo esse ecossistema assumir características específicas aos diversos compartimentos geoambientais encontrados pelo mundo (Maia *et al.*, 2005).

As principais espécies de mangue encontradas na área em estudo são: *Avicennia schaueriana* L. (mangue canoé), *Conocarpus erectus* (mangue ratinho ou botão), *Laguncularia racemosa* L. (branco ou manso) e *Rhizophora mangle* L. C.F. Gaertn (mangue vermelho). A seguir são descritas, detalhadamente, as espécies presentes na região estudada.

➤ *Avicennia schaueriana* L. (mangue canoé):

Cintrón e Schaeffer-Novelli (1983) abordam essas espécies como árvores que possuem diâmetro variável de 30 a 50 cm e podem alcançar até 15 m de altura. São tolerantes às condições climáticas e edáficas adversas e ocupam áreas onde o sedimento contém grande concentração de sal, sendo esta a espécie de maior resistência às temperaturas baixas. Seu sistema radicular se desenvolve horizontalmente poucos centímetros abaixo da superfície do sedimento (Camargo, 2001) e são dessas raízes axiais que surgem ramificações de crescimento ereto (pneumatóforos), onde apresentam consistência esponjosa e possui destacada função no processo das trocas gasosas entre a planta e o meio. Apresentam folhas opostas de coloração verde-amareladas na superfície superior, e esbranquiçadas, na inferior, devido à presença de escamas e cristais de sal excretado por glândulas (Cintrón e Schaeffer-Novelli, 1983).

➤ *Conocarpus erectus* (mangue ratinho ou botão):

Diz respeito à espécie que está concentrada na porção topograficamente mais elevada do perfil de maré, sendo encontrada nas regiões de frações granulométricas mais arenosas. Chega a atingir 10 m de altura e diâmetro de até 30 cm (Maia *et al.*, 2005).

➤ *Laguncularia racemosa* L. (mangue branco ou manso):

De acordo com Cintrón e Schaeffer-Novelli (1983), é um gênero encontrado nas Américas e na costa ocidental da África e não toleram grandes flutuações do nível da água. Suas árvores podem alcançar a altura de 20 m, mas que normalmente apresentam altura entre 4 e 6 m. São vegetações pouco tolerantes à baixas temperaturas e ao sombreamento. No que diz respeito às folhas, as mesmas são dispostas opostamente, com 8 a 10cm de comprimento e 4 a 5 de largura e de coloração verde-grisáceo (Camargo, 2001).

➤ *Rhizophora mangle* L. C.F. Gaertn (mangue vermelho):

É a espécie comumente encontrada em maior extensão na parte exterior das franjas de manguezais. Sendo assim, desenvolve-se em solos lodosos, sob a influência das marés e toda dinâmica presente na linha de costa. Segundo Cintrón e Schaeffer-Novelli (1983), esta espécie possui uma casca é lisa e clara, sendo seu sistema radicular formado por rizóforos que partem do tronco e dos ramos, formando arcos, com aspecto característico que, ao atingirem o solo ramificam-se permitindo a sustentação da planta num sedimento pouco consolidado.

2.4.4 - Solos

Com relação à dinâmica dos solos, a presença de uma área vegetada com espécies vegetais típicas de mangue serve para promover a fixação dos mesmos, impedindo o processo erosivo e, ao mesmo tempo, estabilizando a linha costeira.

Os solos de mangue, de acordo com a classificação brasileira de solos, são caracterizados como sendo solos indiscriminados de mangue.

Alguns autores caracterizam como solos halomórficos, que são desenvolvidos a partir de sedimentos marinhos e fluviais com a presença de matéria orgânica e que ocorrem em regiões de topografia plana na faixa costeira sob a influência constante do fluxo de maré. Todas as classes de solos dessas áreas estão associadas à influência marcante da água, podendo ocorrer: Areias Quartzosas Marinhas e Podzóis hidromórficos (em terraços arenosos), solos Gley, Orgânicos com tiomorfismo e solos Aluviais, principalmente da era Cenozóica (EMBRAPA, 1978; Lani, 1998); como podemos observar no mapa pedológico apresentado no capítulo 1 (Figura 1.6)

Por participarem de ambientes com baixa carga energética, estes solos apresentam, normalmente, predominância das frações mais finas (silte e argila), altas demandas de matéria orgânica, assim como elevada presença de sais solúveis provenientes do contato intramaré. Devido à decomposição da serrapilheira e da saturação pela água, os solos oriundos deste ecossistema são de cores acinzentadas a pretas, com presença de H₂S, fracamente consolidados e podendo atingir vários metros de profundidade (Cintrón & Schaeffer-Novelli, 1983).

2.5 - Caracterização físico-química

2.5.1 - Análises granulométricas

A análise granulométrica é a avaliação dos diferentes tamanhos das partículas e tem como objetivo principal o estudo dos sedimentos, bem como onde eles são formados. Neste sentido, essa análise (tamanho das partículas) é considerada um parâmetro essencial para se compreender o ambiente de sedimentação e o regime hidrodinâmico em que um ecossistema encontra-se submetido, podendo explicar a dinâmica sazonal dos ambientes costeiros e deposicionais; onde relações entre as variações texturais, taxa de transporte, energia das ondas e diversificadas fontes de sedimentos são relevantes quando se trata da caracterização textural de um determinado ambiente (Komar, 1998; Middleton, 2003).

Sendo assim, as partículas podem ser classificadas de acordo com os valores existentes em uma determinada escala granulométrica que descrevem os sedimentos quanto ao seu diâmetro, cujos valores são expressos em milímetros (mm) ou em phi (ϕ). Para a presente pesquisa, a classificação textural utilizada foi a de Folk e Ward (1957), de acordo com o diâmetro médio.

Segundo a **ABNT/NBR 6502/95**, as partículas são classificadas da seguinte maneira:

Areia – diz respeito a um solo não coesivo e não plástico constituído por minerais ou partículas de rochas com diâmetros que variam entre 0,06 mm e 2,0 mm. De acordo com o diâmetro, as areias classificam-se em: *areia fina* (0,06 mm a 0,2 mm), *areia média* (0,2 mm a 0,6 mm) e *areia grossa* (0,6 mm a 2,0 mm).

Silte – é representado por um solo que apresenta baixa ou nenhuma plasticidade e baixa resistência quando seco ao ar. Suas propriedades dominantes são devidas à parte formada pela fração silte. É constituído por partículas com diâmetros compreendidos entre 0,002 mm e 0,06 mm.

Argila – solo de textura fina constituído por partículas que apresentam dimensões menores que 0,002 mm. Possuem características acentuadas de plasticidade. Quando se apresenta de maneira suficientemente úmida, ele é modelado facilmente em diferentes formas; porém, quando seco, torna-se suficientemente agregado de forma a construir torrões dificilmente desagregáveis por pressão dos dedos. Caracteriza-se pela sua plasticidade, textura e consistência em seu estado e umidade naturais.

2.5.2 - Matéria orgânica do solo (MOS)

Em se tratando de matéria orgânica, ela é citada como um dos principais fatores de qualidade, sendo responsável pelo controle de grande parte das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Segundo Siqueira *et al.* (2008), o declínio em sua quantidade e qualidade aumenta os riscos de compactação, erosão e gera interferências no suprimento de água e nutrientes.

A proteção fornecida pelas copas das árvores e a cobertura do solo se constituem em fatores importantes na recuperação de áreas degradadas (Jesus, 2009). Assim, a entrada e o incremento de matéria orgânica no solo atua diretamente na estruturação e estabilidade dos agregados, contribuindo para a complexação de metais pesados, estabilização do *pH* e aumento na capacidade de troca de cátions (CTC) (Siqueira *et al.*, 2008).

2.5.3 - Fertilidade do solo

A fertilidade do solo diz respeito ao emprego de características, que, conjuntamente, representam a capacidade de um determinado solo de suprir nutrientes e indicam, assim, se há ou não problema de toxicidade e/ou necessidade de recuperação do mesmo. Tais características determinam se um solo corresponde às expectativas, ou seja, se é viável o plantio de certas culturas; sendo essas, dentre outras, de acordo com Lima *et al.* (2002), as seguintes: *pH*, capacidade de troca de cátions (T ou CTC); saturação de bases (V); saturação com alumínio (Al); saturação com sódio (Na) e condutividade elétrica (CE).

O *pH* do solo define a acidez ou alcalinidade relativa de uma determinada solução. Possui uma escala de amplitude que varia de 0 à 14, onde o valor 7,0 que encontra-se na parte central da escala correspondendo à neutralidade. Já os valores abaixo de 7,0 são considerados como sendo ácidos e os acima de 7,0 são considerados como alcalinos.

O valor T ou CTC é definido como sendo o somatório total dos cátions que o solo pode reter na superfície coloidal disponível à assimilação pelas plantas (Embrapa, 1997). Este valor corresponde à soma das bases trocáveis mais a acidez potencial e é calculado em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ de TFSA (Terra Fresca Seca ao Ar), de acordo com a Embrapa (1998).

A importância da CTC se reflete não só na retenção de cátions, mas também de água, além de ter relação direta com a estrutura e consistência dos solos. As plantas absorvem nutrientes da solução e não diretamente das partículas do solo. No entanto, as concentrações

na solução do solo são pequenas e precisam ser constantemente repostas. Além disto, na ocasião de chuvas, a solução é diluída e ocorre a infiltração no solo.

Então, graças a CTC, a fase sólida do solo torna-se um grande reservatório de íons, podendo ser nutrientes e/ou elementos tóxicos, para a solução do solo.

Para calcularmos a CTC do solo são necessárias as devidas equações:

$$T = S + H^+ + Al^{3+}$$

O valor SB, que é a soma de bases trocáveis, é calculado em cmol/dm^3 de TFSA, de acordo com a seguinte expressão:

$$SB = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$$

O índice de saturação por bases (V) é calculado em percentagem de acordo com a equação abaixo. Trata-se de um atributo que permite inferir sobre a fertilidade de um determinado solo, informando o quanto do complexo de troca está saturado por bases. Logo, quanto maior esse índice, maior o conteúdo de bases no solo.

$$V = \frac{100S}{T}$$

Já o índice de saturação por alumínio (m) é calculado em percentagem de acordo com o seguinte:

$$m = \frac{100Al^{3+}}{S + Al^{3+}}$$



Capítulo 3

Aspectos Metodológicos

3.1 - Roteiro metodológico

Para a elaboração deste trabalho, a metodologia adotada envolveu as etapas apresentadas no fluxograma abaixo, expostas na Figura 3.1.

As etapas citadas envolveram o levantamento bibliográfico; a aplicação do geoprocessamento de imagens para confecção de mapas detalhados da área com base em dados de sensores remotos, objetivando a identificação das feições em campo; levantamento amostral de sedimentos e análises laboratoriais para caracterização físico-química do solo.

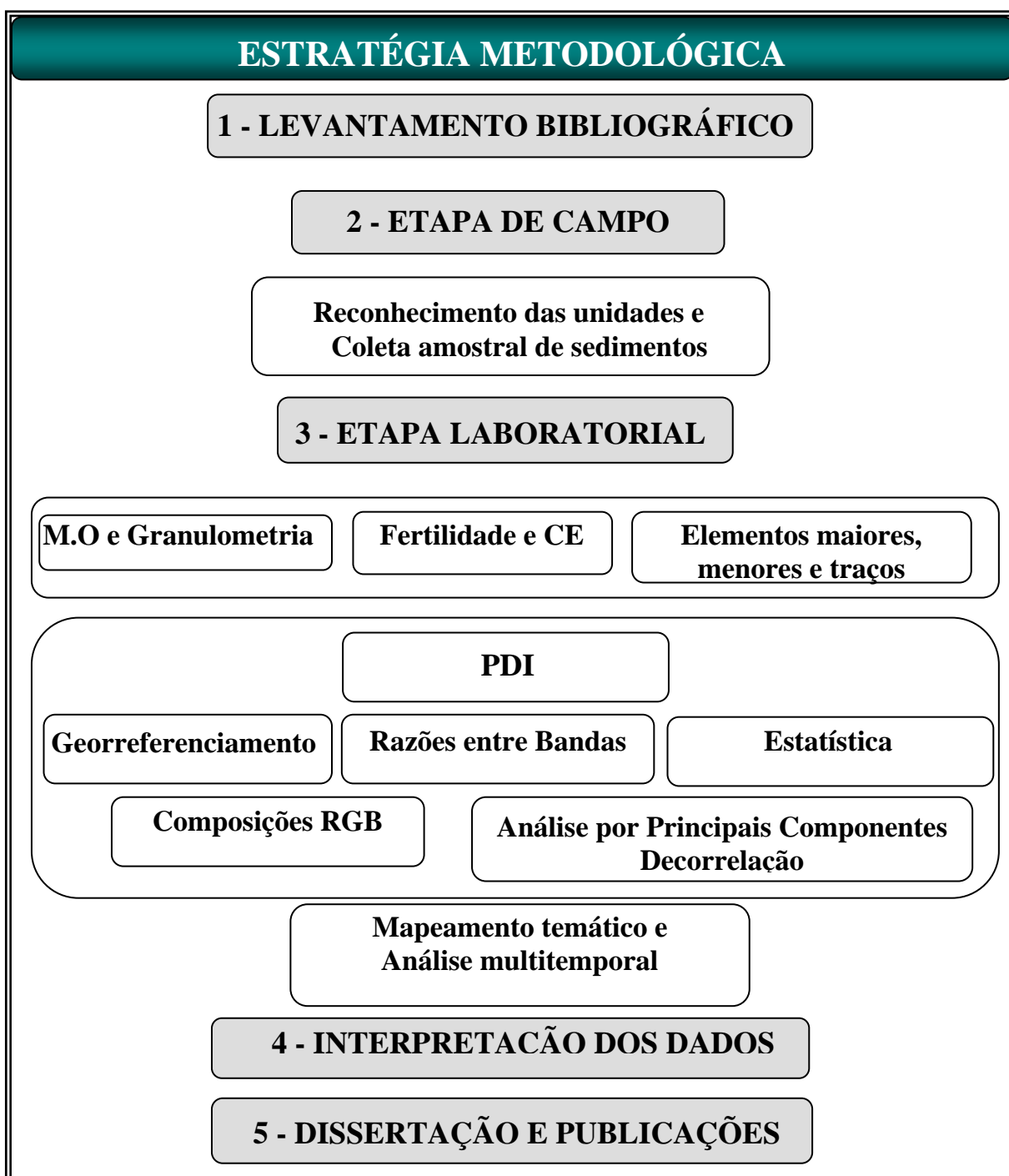


Figura 3.1: Fluxograma metodológico empregado no desenvolvimento do trabalho.

3.2 - Levantamento bibliográfico

Durante o desenvolvimento do trabalho, foram realizados levantamentos bibliográficos pré-existentes para região em estudo com a finalidade de dar subsídios aos temas abordados.

Esta etapa compreendeu a consulta em trabalhos com enfoque regional e local, referentes aos aspectos geológicos, sedimentológicos e geoambientais da área em estudo; para tal procedimento, foram utilizados relatórios de graduação, dissertações de mestrado, teses de doutorado, trabalhos publicados, dentre outros.

3.3 - Aplicação do geoprocessamento

As atividades de geoprocessamento envolveram o processamento digital de imagens de sensoriamento remoto e a integração de dados em estrutura SIG (Sistema de Informação Geográfica).

Os mapas foram confeccionados com base em imagens de alta resolução do Laboratório de Geoprocessamento (GEOPRO/UFRN), bem como em imagens do satélite Landsat 5 TM (órbita/ponto 215/64), a partir do processamento digital de imagens e validação com dados *in situ*. Para o estudo proposto, utilizamos os softwares *Er Mapper 7.1*[®] e o *Arc Gis 9.2*.

A elaboração de cartas temáticas, como também a análise temporal da evolução dos bancos areno-lamosos, foi possível a partir da interpretação de imagens digitais de sensores remotos, adquiridas em várias datas distintas (Tabela 3.1).

Tabela 3.1: Relação das imagens utilizadas, data, resolução espacial e altura de maré.

Tipo de Sensor	Data e Hora*	Resolução Espacial	Hora/Altura de Maré
LANDSAT 5 TM	13/Junho/2000 12:11:09	30 m	-
LANDSAT 5 TM	19/Junho/2008 12:22:24	30 m	11h51min/0,3 m
LANDSAT 5 TM	12/Dezembro/2008 12:18:59	30 m	10h49min/0,4 m
IKONOS II PSM	2004	4 m	-

* Data e hora de passagem do satélite (aquisição da imagem pelo sensor).

O processo de tratamento digital das imagens foi iniciado a partir do georreferenciamento seguido do emprego de combinações de bandas. O georreferenciamento

foi realizado a partir de pontos de controles coletados em campo com GPS, em locais onde as feições eram bem definidas e identificáveis, tais como intersecções de estradas e rios.

A aplicação das composições coloridas teve como objetivo avaliar preliminarmente os diferentes usos e definir as melhores composições para o mapeamento e caracterização geoambiental da área em estudo, com base na resposta espectral dos alvos, conforme ilustrada na Figura 3.2 e na análise da estatística das imagens, como variância, co-variância, correlação e decorrelação entre bandas.

O emprego de técnicas de processamento digital de imagens aplicadas às imagens de satélites tais como a Landsat, por exemplo, é uma valiosa maneira para extrairmos dados destinados às várias aplicações de pesquisas geoambientais.

Visando a identificação e discriminação das feições morfológicas consideradas como *bancos areno-lamosos*, bem como a diferenciação entre as vegetações de *mangue* e de *caatinga*, além da presença da indústria petrolífera na área adjacente às comunidades de Barreiras e Diogo Lopes, é que foram realizados os procedimentos no tocante ao processamento digital de imagens, apresentados na Figura 3.1 (Etapa laboratorial - PDI).

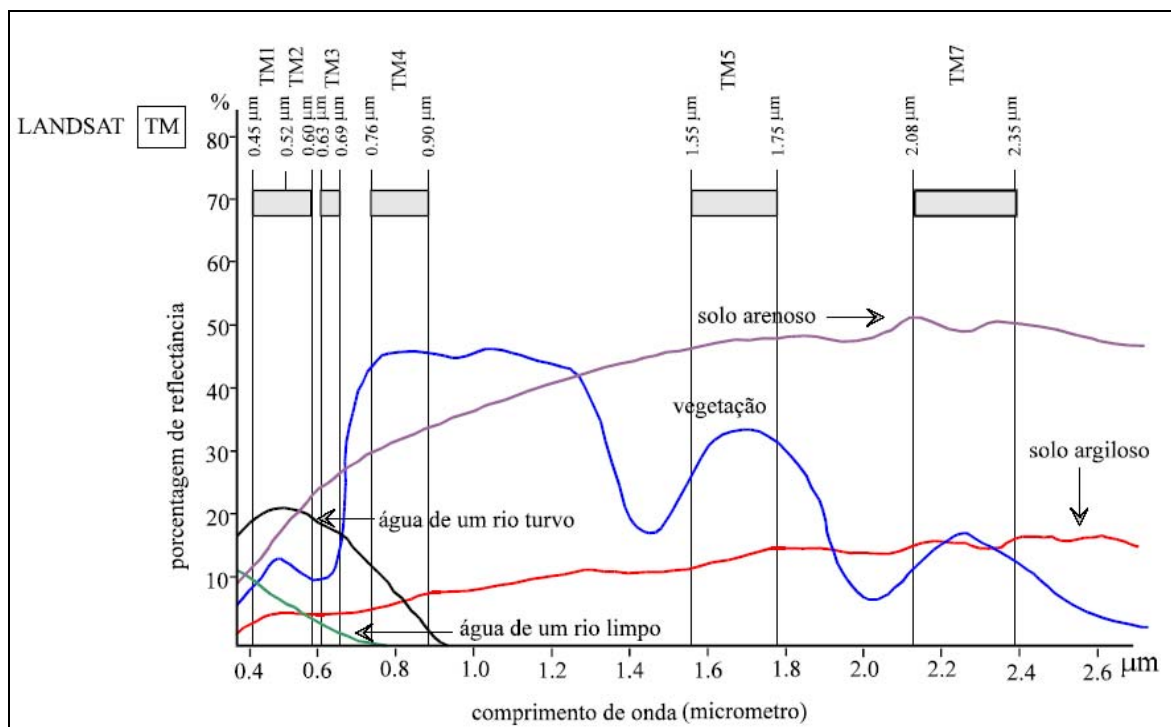


Figura 3.2: Curvas de comportamento espectral dos alvos. Adaptado de Florenzano (2002).

Como sequência das atividades, foram realizados os procedimentos de análise e interpretação das assinaturas espectrais predominantes e a seleção das composições coloridas das bandas, para a geração de imagens com caráter multiespectral.

Do conjunto de imagens coloridas, foram selecionadas aquelas que proporcionaram melhor distinção das unidades paisagísticas, levando-se em consideração as áreas de exploração petrolíferas, as de manguezais e os bancos areno-lamosos, centro deste estudo.

Ainda dentro do processamento digital de imagens, fizemos uso da análise por principais componentes (PC), com o objetivo de realce dos bancos areno-lamosos para realização da análise multitemporal entre 2000 e 2008. Essa é uma técnica de realce que reduz ou remove a redundância espectral, ou seja, gera um novo conjunto de imagens cujas bandas individuais apresentam informações não-disponíveis em outras bandas. Esta transformação é derivada da matriz de covariância entre as bandas que gera um novo conjunto de imagens onde cada valor de pixel é uma combinação linear dos valores originais.

Continuando nas técnicas de processamento digital, fizemos uso de decorrelação de bandas, visando proporcionar melhores lineamentos e detalhes que pudessem ajudar numa melhor interpretação visual da superfície imageada.

3.4 - Levantamentos de campo

Num primeiro momento, foi confeccionada uma carta imagem detalhada (Figura 3.3) da área que proporcionou suporte em visitas técnicas como forma de reconhecimento visual e escolha das áreas principais de coleta de sedimentos.

A área foi dividida de acordo com a pré-visualização nas imagens e diferenciação em campo dos tipos de sedimentos, variando de arenosos, areno-argilosos e argilosos; com ou sem a presença antrópica e/ou de vegetação típica de manguezal. Dessa forma, a área foi dividida em 4 perfis, sendo o primeiro localizado entre os Campos Macau/Serra e a Falésia de Chico Martins (onde encontra-se a área piloto de plantio, sugerida por Nascimento, 2009); o segundo entre a Falésia e a comunidade de Barreiras (grande extensão de bancos areno-lamosos); o terceiro segue a extensão da comunidade Barreiras (o que implica na presença antrópica sobre os bancos) e o quarto perfil localizado entre as comunidades Barreiras e Diogo Lopes (onde podemos observar uma vegetação adensada de manguezal protegida).

Sedimentos de planície de maré, sedimentos com presença antrópica e sedimentos localizados em áreas florestadas com manguezal. Em cada um desses ambientes, as amostras foram coletadas manualmente na camada superficial (0-20 cm). Essa profundidade justifica-se por ser nela onde está concentrada a maioria dos nutrientes necessários à fixação de diferentes espécies vegetais.



Figura 3.3: Carta imagem da área adjacente às comunidades de Barreiras e Diogo Lopes.

A segunda etapa consistiu na realização das coletas de sedimentos (20 a 22/Dezembro de 2008) para posterior pré-tratamento e análise físico-química em laboratório. Essa etapa consistiu em coletas realizadas no período em que a maré estava baixa.

Para facilitar o deslocamento em campo, a coleta se deu com o auxílio de um Quadriciclo do tipo Yamaha YFM 350 Grizzly 4x4 (Figura 3.4-A). Já para evitar qualquer tipo de contaminação das amostras, fizemos uso de um trado manual confeccionado em aço inox (Figura 3.4-B).

Dessa forma, as coletas de sedimentos foram realizadas ao longo de 29 pontos, sendo que desses 23 foram provenientes de amostras compostas (conjunto de amostras simples) e 6 oriundas de amostras simples, que totalizaram 5.629,28 metros de extensão. Assim, dentro de cada uma das amostras compostas, as coletas foram realizadas em intervalos de aproximadamente vinte metros cada, em ziguezague, onde ao final de cada uma, foi feita a homogeneização e retirada de uma alíquota com aproximadamente 0,6 Kg para ser analisada em laboratório. No que diz respeito às amostras simples, as mesmas também foram coletadas a uma profundidade de 20 cm e se localizaram apenas onde na presença de vegetação densa de manguezal.

Depois de homogeneizadas, as amostras foram transferidas para recipientes plásticos com tampa de rosca e colocadas em caixas térmicas com gelo até a chegada no laboratório, sendo armazenadas em freezer com temperatura em torno de 4°C (Figura 3.4-C) até se iniciarem os procedimentos de pré-tratamento e análises físico-químicas, Figura 3.4-D.



Figura 3.4: (A) Quadriciclo que deu apoio para o deslocamento em campo; (B) trado de aço inox; (C) amostras armazenadas em freezer a 4°C; (D) chegada ao laboratório para realização do pré-tratamento.

Nas Figuras 3.5 a 3.8, é possível verificarmos a trajetória que foi feita em campo, realizada com o auxílio de um GPS manual. Os pontos coletados foram transferidos ao *Software TtrackMaker* 13.5. O anexo 1 apresenta as coordenadas geográficas, em UTM, dos pontos de coletas.

A Figura 3.5 apresenta a carta imagem de localização do **Perfil A** (entre a estação coletora de óleo do campo Macau e a Falésia de Chico Martins), com 8 amostras compostas. Já a Figura 3.6 (**Perfil B**) apresenta 6 amostras distribuídas entre a Falésia Chico Martins e a comunidade Barreiras. A Figura 3.7, apresenta o **Perfil C** localizado na área adjacente à comunidade Barreiras, que contém 9 amostras compostas. Por fim, na Figura 3.8 (**Perfil D**) podemos observar as 6 amostras simples coletadas como testemunhos (referência). Foram realizadas amostras simples para mostrar a variabilidade que pode ocorrer dentro de pequenas extensões de área vegetada com manguezal.

Na Figura 3.5-A, é possível destacarmos a localização de uma Base do Campo Macau, onde é uma área que apresenta dunas frontais de pequeno porte, sedimento areno-argiloso, com frações de areia fina de coloração castanho escura e em partes claro; Na Figura 3.5-B, podemos destacar o detalhe da área piloto de plantio, sendo composta por muito material biogênico, sedimento argiloso de coloração escura e com presença de tapetes algálicos e plântulas de mangue. Na Figura 3.5-C é apresentada uma floresta de paleo mangue, composta de troncos de árvores antigas; os sedimentos da zona de intermaré se diferenciam ao se aproximar da zona de pós-praia, passando a apresentar sedimentos arenosos de granulometria muito grossa com presença de seixo e cascalho; passando de argilosos a arenosos, evidenciando assim, zonas mais estáveis (áreas com plantas e sedimento argiloso) e áreas mais instáveis onde predominam sedimentos de fração mais grosseira. Na Figura 3.5-D, próxima a Falésia de Chico Martins, podemos encontrar uma área de sedimentos argilosos, com presença de incrustação de ostras na camada inferior aos 10 cm de profundidade.

As Figuras 3.6-A e 3.6-B, presentes no Perfil B, apresentam sedimento superficial argiloso de coloração castanho escuro e em parte claro. Em todo o perfil de coleta é possível constatar grandes quantidades de material biogênico a partir de conchas e tapetes algálicos, além de presença de plântulas de espécies típicas de manguezal. Os sedimentos da zona de intermaré se diferenciam ao se aproximar da zona de pós-praia, passando a apresentar granulometria mais arenosa.

Na Figura 3.7-A são encontrados afloramentos de rocha representando a Formação Tibau com incrustações de material biogênico, cimentação carbonática e presença de plântulas revelando a capacidade dessa vegetação de adaptar-se a condições adversas. Esse

perfil está inserido na área adjacente à comunidade Barreiras. Podemos destacar a presença de uma galeria de dejetos urbanos onde materiais diversos são carreados para os bancos arenolamosos, que podem se acumular nos sedimentos e gerar contaminações (Figura 3.7-B e D). Na Figura 3.7-C destaca-se a presença de grande quantidade de material orgânico, inclusive com presença de plântulas de manguezal, em frente a uma área em que dejetos residenciais são lançados.

Nas Figuras 3.8-A, 3.8-B, podemos perceber a presença de vegetação típica de mangue bem desenvolvido, o que torna um ambiente caracterizado por elevados teores de matéria orgânica e alta concentração de espécies animais, revelando a alta biodiversidade deste ecossistema. Como exemplo desta rica fauna, podemos destacar na Figura 3.8-C, a presença de uma comunidade de caranguejos.



Figura 3.5: Perfil A, entre a estação coletora -Macau e a Falésia Chico Martins, com 8 amostras compostas.
 Sérgio Tadeu Praxedes de Lima Dantas, Dezembro de 2009.



Figura 3.6: Perfil B, área entre a falésia Chico Martins e a comunidade de Barreiras, com 6 amostras compostas. Sérgio Tadeu Praxedes de Lima Dantas, Dezembro de 2009.



Figura 3.7: Localização do Perfil C, área adjacente à comunidade Barreiras, com 9 amostras compostas. Sérgio Tadeu Praxedes de Lima Dantas, Dezembro de 2009.



Figura 3.8: Localização do Perfil D, área entre as comunidades de Barreiras e Diogo Lopes, com 6 amostras. Sérgio Tadeu Praxedes de Lima Dantas, Dezembro de 2009.

3.5 - Análises laboratoriais

3.5.1 - Análises físico-químicas

3.5.1.1 - Pré-tratamento das amostras de sedimentos

Em laboratório, as amostras foram secas em estufa com circulação de ar, a 50-60°C durante aproximadamente 5 dias. Depois de secas, foi feita a retirada das amostras de dentro da estufa e, com o auxílio de espátulas de plásticos, as mesmas foram desagregadas e homogeneizadas cuidadosamente, sendo peneiradas de início com peneiras de nylon abertura 1 mm e posteriormente com peneiras de aço inox de mesmo diâmetro por questão de confiabilidade e confirmação da retirada da camada grosseira (restos vegetais e animais), Figura 3.9.

Depois de peneiradas, as amostras retornaram à estufa durante aproximadamente 24h e, em seguida, foram colocadas para esfriar à temperatura ambiente e feita a pesagem do total.

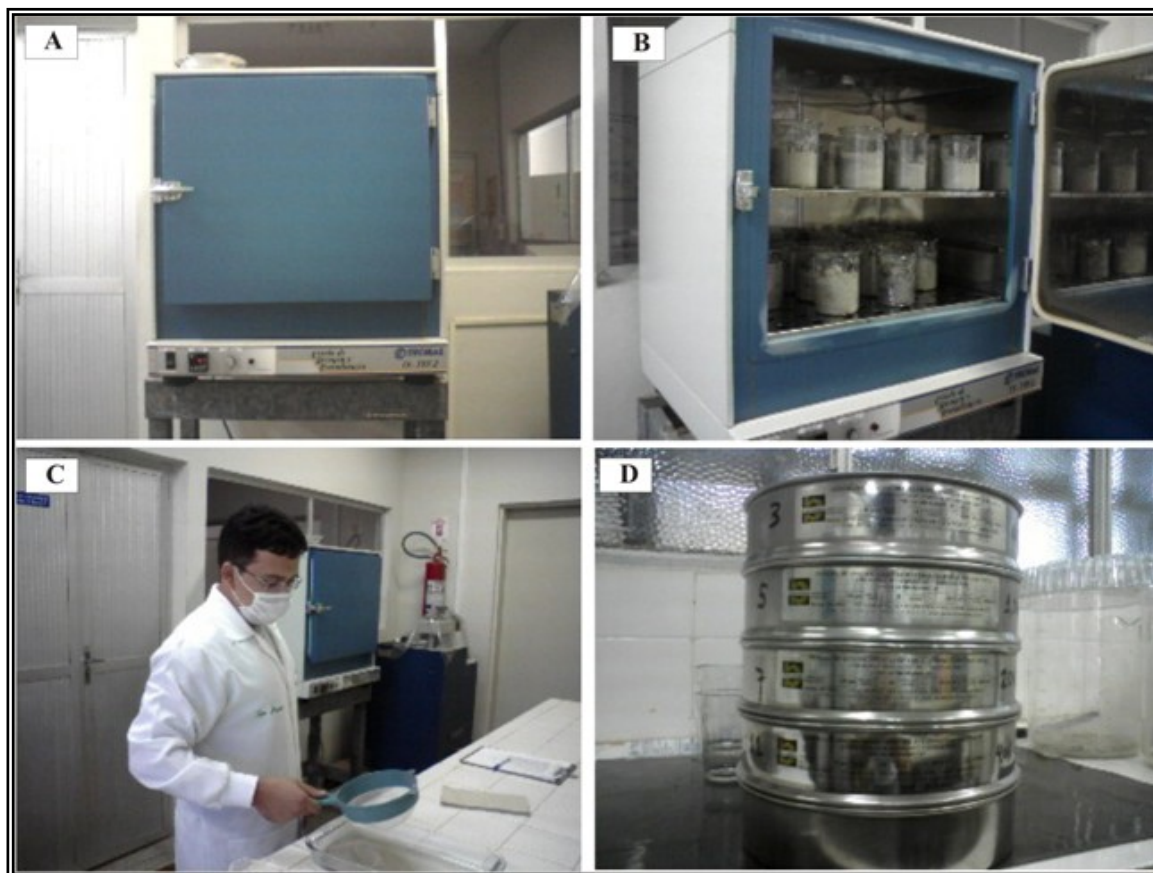


Figura 3.9: Etapas realizadas no pré-tratamento das amostras, no que diz respeito à secagem (A e B) e ao peneiramento para retirada da parte grosseira (fotos C e D).

Obtendo-se a pesagem inicial, procedeu-se o quarteamento e a seguir estão apresentados os procedimentos realizados para a caracterização físico-química:

3.5.1.2 - Análises de fertilidade e condutividade elétrica

Para análise de fertilidade foram realizadas as seguintes determinações: pH , P , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , H^+ + Al^{3+} .

O pH em água foi calculado através de análises de rotina de acordo com a metodologia da Embrapa (1998). O procedimento consiste em pesar 10g de cada amostra, colocá-las em béqueres de 100 mL numerados, adicionar 25 mL de água destilada ou deionizada, agitar a mistura com bastão de vidro individual e deixar em repouso durante uma hora. Em seguida, agitar novamente cada amostra, mergulhar o eletrodo na suspensão homogeneizada e fazer a leitura em um potenciômetro com eletrodo combinado. Antes e depois de aferir o aparelho é necessário lavar o eletrodo nas soluções padrões (pH 4,0 e pH 7,0).

Os cátions cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+), sódio (Na^+), alumínio (Al^{3+}), hidrogênio (H^+) e fósforo (P) também foram medidos com análises de rotina (Embrapa, 1997) no laboratório de análises de solo, água e planta da EMPARN (Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte). O cálcio e o magnésio foram determinados no extrato por espectrometria de absorção atômica, utilizando-se solução de óxido de lantânio a 2 g/L com o objetivo de eliminar a interferência dos elementos fósforo e alumínio. O potássio e o sódio foram determinados por fotometria de chama, com extrator tipo Melich. O alumínio trocável foi medido pela extração por agitação de 5 g de T.F.S.A. com 100 mL de KCl 1 mol/L e titulação com NaOH 1 mol/L, empregando fenolftaleína como indicador. O fósforo disponível, através do método colorimétrico, usando-se extrator tipo Melich.

A condutividade elétrica (CE) foi determinada no extrato de saturação, utilizando-se 10 g de amostra (base seca) mais 25 mL de água destilada, agitando-se por 10 minutos em agitador mecânico. Após 16 horas de repouso, as amostras foram filtradas e as determinações feitas no extrato aquoso, com o auxílio de um condutivímetro calibrado com uma solução padrão de KCl 0,01 mol L⁻¹ (CE igual a 1,412 dS m⁻¹ a 25°C).

3.5.1.3 - Quantificação de carbonatos e matéria orgânica

Para quantificar as concentrações de matéria orgânica nas amostras de sedimento, foi realizada a metodologia adaptada de Souza (2009), no Laboratório de Sedimentologia da UFRN; descrita a seguir:

Depois de quarteadas (Figura 3.10-A), realizada a extração de alíquota < 1,00 mm, cerca de 10g foram utilizados para a quantificação de carbonatos e de matéria orgânica, sendo realizada a seguinte sequência de procedimentos:

1- Aproximadamente 10 g de cada amostra foram utilizados para a realização do ataque com ácido clorídrico (HCl) diluído a 10%, para a eliminação de todo o material carbonático. Depois que o ácido parou de reagir (Figura 3.10-B), o que variou para algumas amostras (deixadas em repouso durante \approx 16h), o material resultante foi filtrado (Figura 3.10-C), lavado com água destilada e, posteriormente, transferido para béqueres de 500 mL e colocado para secar em placa aquecedora (\approx 50°C). Ao esfriarem (Figura 3.10-D), as amostras foram pesadas (Figura 3.10-E) e o teor de carbonatos obtido através da diferença de peso;

2- Logo em seguida, no mesmo recipiente, aplicamos o peróxido de hidrogênio (H₂O₂) diluído na proporção de 1:1 e depois de reagirem (mínimo de 16h), as amostras foram lavadas através do mesmo procedimento supracitado para quantificação carbonática e novamente foram pesadas, obtendo-se também desta forma, por diferença de peso, a porcentagem de matéria orgânica.

3.5.1.4 - Análise granulométrica

A análise granulométrica completa nas amostras de sedimentos foi realizada através do peneiramento úmido em granulômetro a laser marca CILAS modelo 1180, no Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha e Monitoramento Ambiental (GEMMA) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN, Natal).

As amostras levadas (Figura 3.10-F) ao granulômetro foram representadas pelo valor resultante da quantificação da matéria orgânica, pois para que o aparelho realizasse a leitura, as amostras deveriam estar livres de toda salinidade e matéria orgânica. Posteriormente, os resultados foram processados com o auxílio do *software* SAG (Sistema de Análise Granulométrica) para o cálculo dos parâmetros estatísticos granulométricos segundo Folk & Ward (1957).



Figura 3.10: Metodologia adotada para extração de carbonatos e matéria orgânica. **A:** quartejamento; **B:** reação do ácido clorídrico; **C:** filtragem; **D:** Amostras secas; **E:** Balança digital e **F:** Armazenamento antes das análises granulométricas.

3.6 - Extração de elementos maiores, menores e traços

3.6.1 - Digestão das amostras

O processo de digestão é correspondente a extração da fração de metais biologicamente disponíveis e é realizado anteriormente à quantificação (leitura) de elementos químicos (Nascimento, 2008), onde as amostras são convertidas do estado sólido ao de solução. Para a presente pesquisa, as concentrações dos elementos analisados (Al, B, Ba, Be,

Be, Bi, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sn, Sr, Ti, Tl, V e Zn) nas 29 amostras foram digeridas e quantificadas através de Espectroscopia de emissão óptica com plasma de argônio induzido (ICP-OES). A seguir são descritos detalhadamente os passos realizados.

As alíquotas das 29 amostras quarteadas foram peneiradas em peneiras de aço inox e as frações < 0,063 mm (mínimo de 0,5g para a metodologia EPA 3051a) foram armazenadas (Figura 3.10-F) da mesma forma em que levadas ao granulômetro, ou seja, condicionadas em potes de acrílico e levadas ao laboratório de Geoquímica Ambiental da UFRN. A depender de cada amostra, mais ou menos arenosas, foi preciso levar à peneira uma maior ou menor quantidade; sendo que as mais arenosas precisaram de uma maior quantidade, como por exemplo, para a amostra A5 foram precisos 236,55 g para obtermos apenas 0,9 g na fração granulométrica desejada. Os valores estão individualmente expressos no anexo 2.

Para a extração total dos elementos, foi utilizada a metodologia EPA 3051a, com algumas modificações, quando necessário, por questões de segurança.

Após a obtenção da fração < 0,063 mm, foram pesados aproximadamente 0,5 g de cada amostra em papel manteiga e transferidos para frascos de alta pressão e em seguida, foram acrescidos 12 mL de ácido nítrico concentrado a 63%, sendo posteriormente deixados em repouso durante aproximadamente 8 h por medida de segurança; ou seja, devido algumas amostras conterem alta porcentagem de carbonatos, as mesmas foram deixadas em repouso para reagirem, ainda em ambiente aberto, com o intuito de evitar riscos de aumento de pressão dentro do aparelho microondas (Figura 3.11-B) utilizado para a extração.

Iniciamos a extração conforme a pré-programação de temperatura e pressão existente no aparelho tipo microondas. A mesma consiste no aumento da temperatura interna com distribuição de maneira homogênea para todos os frascos durante 10 minutos até chegar a 175°C; depois disso, o aparelho estabiliza a temperatura e passa automaticamente a decrescer (esfriar) durante os 15 minutos subsequentes.

Após completar o programa, os frascos contendo os líquidos digeridos foram transferidos para suportes numerados e colocados dentro da capela. Em seguida, as amostras extraídas foram diluídas para 25 mL com água tipo Milli-Q e filtradas direto para os frascos de polietileno (Figura 3.11), sendo posteriormente levados à leitura no ICP-OES.

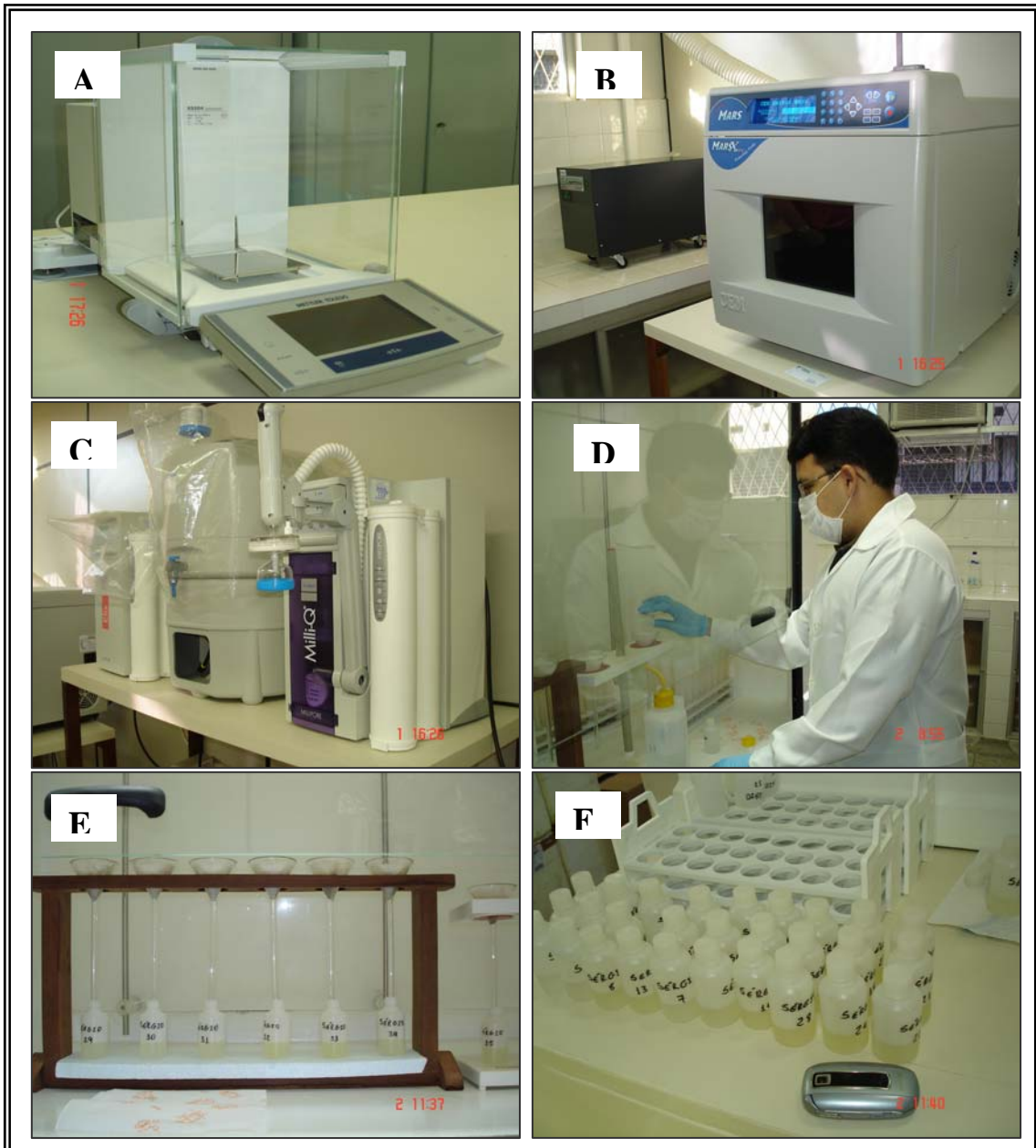


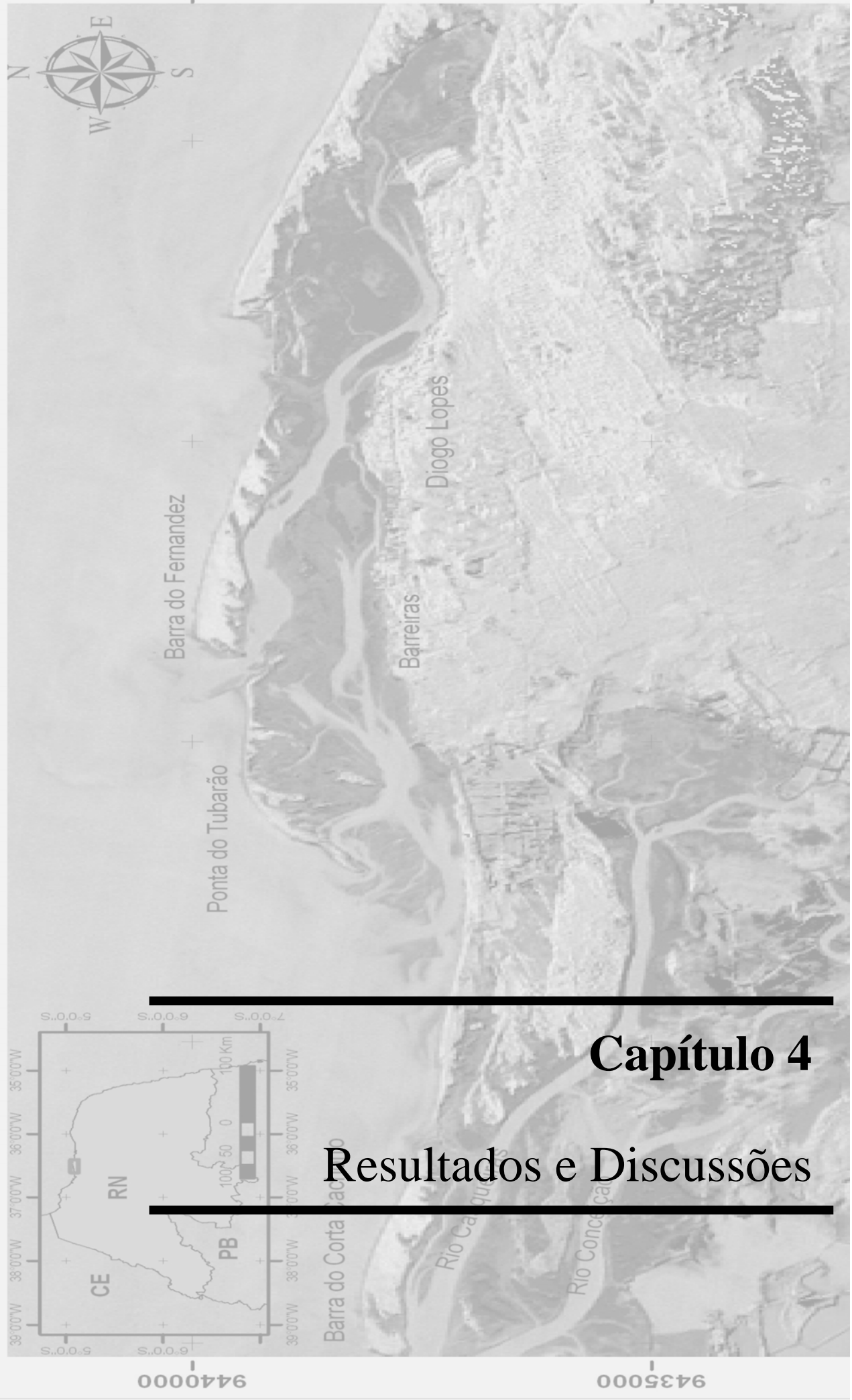
Figura 3.11: Etapas realizadas na extração das amostras para posterior leitura de elementos maiores, menores e traços. (A) balança utilizada para se fazer a pesagem; (B) Aparelho tipo microondas para a extração das amostras; (C) Equipamento utilizado para produção de H₂O tipo Milli-Q; (D e E) Processo de filtragem e (F) Forma em que foram armazenadas para levar à leitura.

3.7 - Valores de referência

Os teores de elementos maiores e traços nas amostras de solo, para esta pesquisa, tiveram como referência os “Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo” da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB (2005), bem como o material certificado de referência da NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration).

Capítulo 4

Resultados e Discussões



Barra do Fernandez

Barreiras

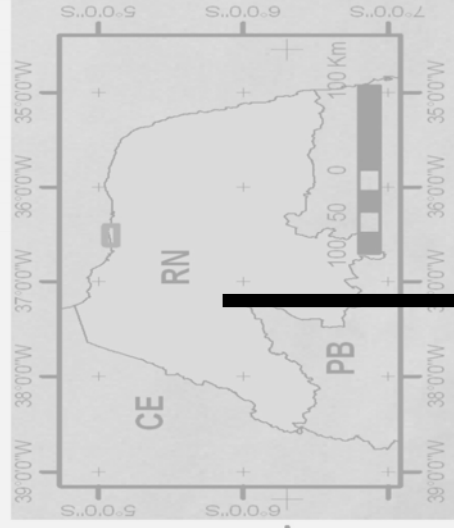
Diogo Lopes

Ponta do Tubarão

Barra do Corta Jacó

Rio Capangul

Rio Conceição



4.1 - Interpretação de imagens orbitais

As imagens resultantes do processamento digital foram interpretadas proporcionando a discriminação das diversas unidades geoambientais, destacando principalmente as feições caracterizadas como bancos areno-lamosos, além da vegetação de manguezal e ainda a presença antrópica na região.

Para visualizar as diferentes respostas espectrais entre os diversos elementos da imagem, a Figura 4.1 (Imagem LANDSAT 5-TM de 12/Dezembro/2008, Banda1), que aparece em escala de cinza, apresenta-se como parâmetro para se fazer uma analogia com as imagens resultantes do processamento digital realizado.

Dentre as composições coloridas que mais se destacaram, a Figura 4.2 (Imagem LANDSAT 5-TM de 12/Dezembro/2008, RGB_741) realça as diferentes respostas espectrais dos elementos na superfície que não eram possíveis de visualizar apenas com a banda 1; revelando as dunas fixas e móveis em cores claras e a vegetação em tonalidades variando de verde claro (caatinga) a verde escuro (manguezal), apontando a alta resposta espectral que a vegetação possui no infravermelho próximo.

Como o intuito maior da atividade de processamento digital foi de realçar os bancos areno-lamosos na faixa costeira da área de estudo, foram aplicados para tal finalidade, os processamentos com a transformação usando a técnica de análise por principais componentes.

Por meio da interpretação visual dos produtos e da análise estatística da imagem (Anexo 3) foi possível destacar a composição R (PC5) G (PC3/PC4) B (Banda 5), inédita na literatura, que integra informações das principais componentes com bandas originais, que realça as diferenças entre as unidades de paisagem no ambiente costeiro. Esta combinação colorida destacou os limites entre porções arenosas, lamosas, aquelas recobertas por tapetes algálicos, além de delimitar com mais eficiência a geometria dos canais de maré na zona estuarina (Figura 4.3).

Na Figura 4.3, os bancos areno-lamosos apresentaram-se em coloração verde escuro a verde-amarronzado, por vezes com cores marrom-avermelhadas devido à presença de tapetes algálicos, vegetação rasteira e ao alto teor de matéria orgânica, constatado em campo e através das análises físico-químicas. A vegetação densa de manguezal é realçada na coloração vermelho intenso, enquanto as áreas de ilhas barreiras e esporões arenosos estão com colorações claras, entre amarelo e rosa claro, conforme a ocorrência de vegetação rasteira.

Para a Figura 4.4 (LANDSAT 5-TM de 12/Dezembro/2008, R(D5) G(D3/D4) B(D5)), foi aplicada uma técnica de realce alternativo, chamada de decorrelação de bandas. Nessa

imagem é possível destacarmos diferenças marcantes de tonalidade, cor, forma, padrão e textura na superfície do terreno, possibilitando ao intérprete melhores resultados visuais para a interpretação dos alvos de interesse. Esta imagem realça diferentes tonalidades dentro de bancos areno-lamosos em que não foram realizadas coletas, como por exemplo, a área logo abaixo da Ponta do Tubarão, podendo ser sugerida para trabalhos futuros.

Para justificar a intensa dinâmica costeira atuante na área de estudo, foi selecionada a imagem LANDSAT 5-TM de 19/Junho/2008. Quando comparada com a Figura 4.5, pode-se perceber na Figura 4.4 que, num período de aproximadamente 6 meses, ocorre um deslocamento da feição morfológica Ponta do Tubarão na direção nordeste - sudoeste. Essa migração NE-SW dessas ilhas barreiras foi observada por Nascimento (2009); orientação essa que ocorre no sentido predominante da falha Carnaubais.

Também foram aplicadas diferentes composições e realizadas interpretações a partir da estatística da imagem LANDSAT 5-TM de 19/Junho/2008 (Anexo 4). De maneira geral, a aplicação por PC também ressaltou diferenças predominantes para a superfície imageada, como são mostradas nas seguintes figuras: Figuras 4.5 (LANDSAT 5-TM de 19/Junho/2008, R(PC5) G(PC4) B(PC3)): pode-se ressaltar colorações diferenciadas para a vegetação de manguezal em tons rosas, para a vegetação de caatinga coloração em tons esverdeados e dunas fixas e móveis que variam de rosa mais intenso ao verde mais claro, respectivamente. Figura 4.6 (LANDSAT 5-TM de 19/Junho/2008, R(PC5) G(PC3) B(PC4)), onde são observados com mais precisão as diferenças de textura entre as dunas móveis e fixas, a coloração variando em tons amarelados para a vegetação de manguezal; tons azulados para a vegetação de caatinga e tons que variam do verde ao amarelo encontram-se os bancos areno-lamosos, centro do estudo.

Para minimizar os problemas de perdas das características espectrais originais dos alvos, utilizamos também a decorrelação de bandas para a mesma imagem de 19/Junho/2008. Na Figura 4.7 (inverso da PC=decorrelação: {R(D5) G(D4) B(D3)}), são reveladas diferenças espectrais existentes dentro dos bancos areno-lamosos, sendo que as porções mais argilosas se apresentam em coloração alaranjada e as porções com presença de tapetes algálicos e vegetação rasteira em tons de verde claro. Para a vegetação de mangue, são observadas colorações de um verde variando para mais ou menos intenso.

Ainda dentro da aplicação por decorrelação de bandas, na Figura 4.8 {R(D5) G(D3) B(D4)}, também são destacadas diferenças significativas dentro das regiões alvo de estudo. Na mesma, aparecem colorações azuladas para as áreas com prevalência de vegetação, sendo o azul mais claro para regiões com algas e plântulas e o azul mais escuro para regiões

vegetadas com manguezal, enquanto que para as regiões de frações granulométricas visualmente mais fina, a composição realçou tons rosados. Destacam-se também, a coloração amarronzada para a vegetação de caatinga e colorações que variam de azul claro a verde, além de diferenças texturais, para as dunas fixas e móveis.

Como podemos perceber tanto a transformação por principais componentes quanto a transformação por decorrelação mostraram-se eficientes no discernimento das diferentes unidades presentes neste ambiente, em especial para os bancos areno-lamosos. Nos dois casos, é notória a importância dessas técnicas como forma de delinear com mais eficiência as principais unidades geoambientais (ex.: dunas, canais de maré, bem como os bancos areno-lamosos, principal alvo de interesse) e revelar diferenças de rugosidades na superfície, como por exemplo, quando observadas as dunas fixas e móveis.

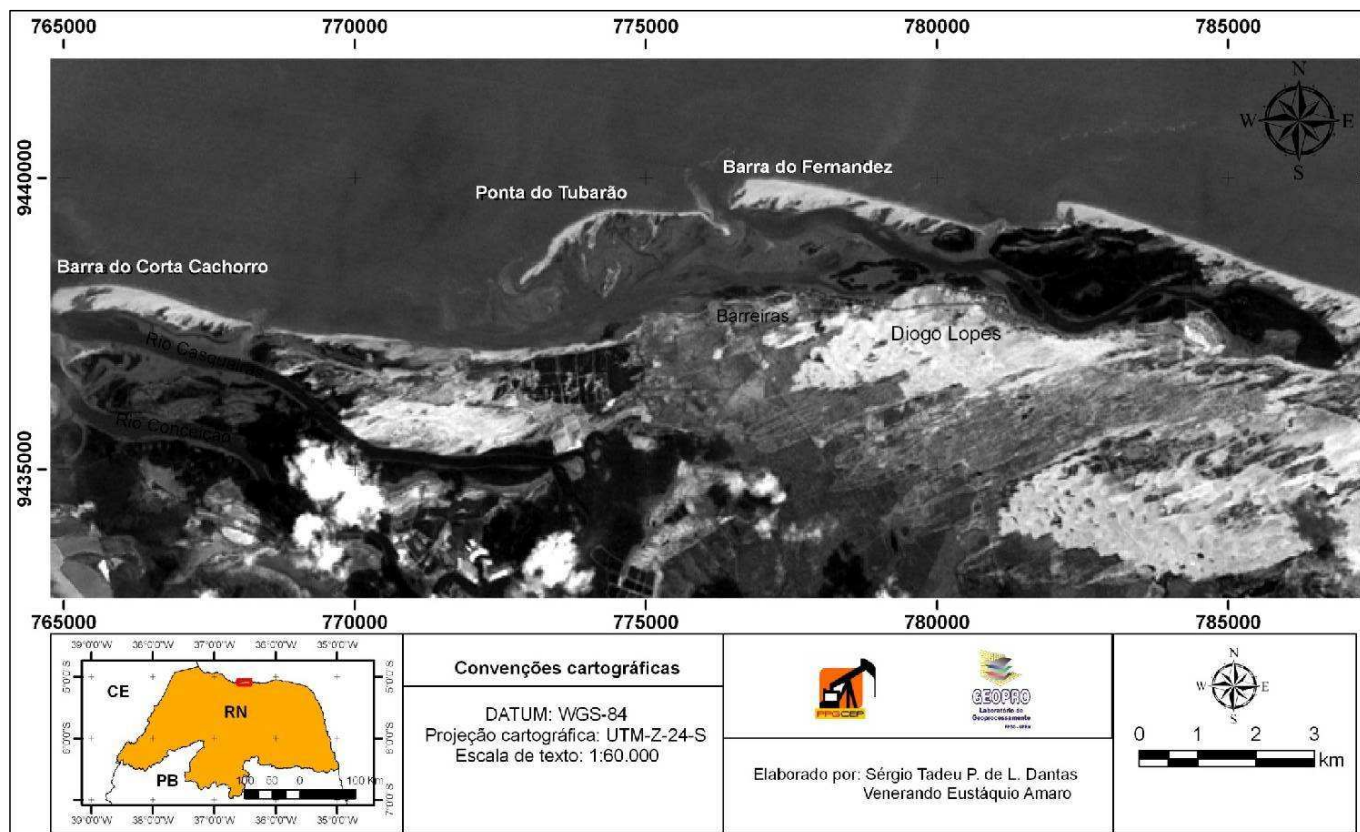


Figura 4.1: Imagem LANDSAT 5-TM de 12/Dezembro/2008 com a Banda 1 somente com realce de contraste e destaque para as principais unidades geoambientais da área de estudo, em especial os banco areno-lamosos, pouco discriminados.

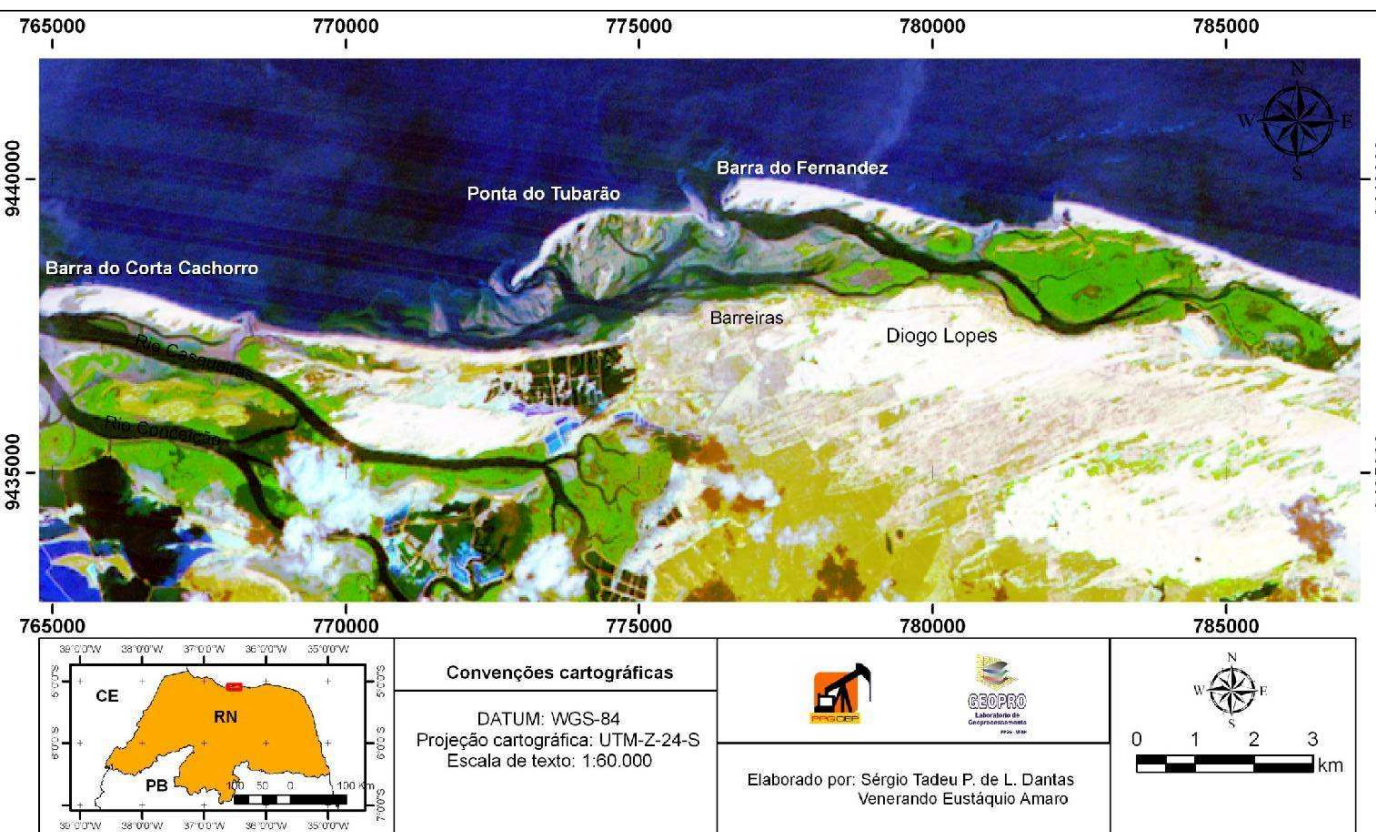


Figura 4.2: Imagem LANDSAT 5-TM de 12/Dezembro/2008 com as Bandas 741 no sistema RGB, respectivamente, permitindo a visualização da vegetação de caatinga e manguezal, além das dunas fixas e móveis, cursos dos canais estuarinos e áreas de salinas.

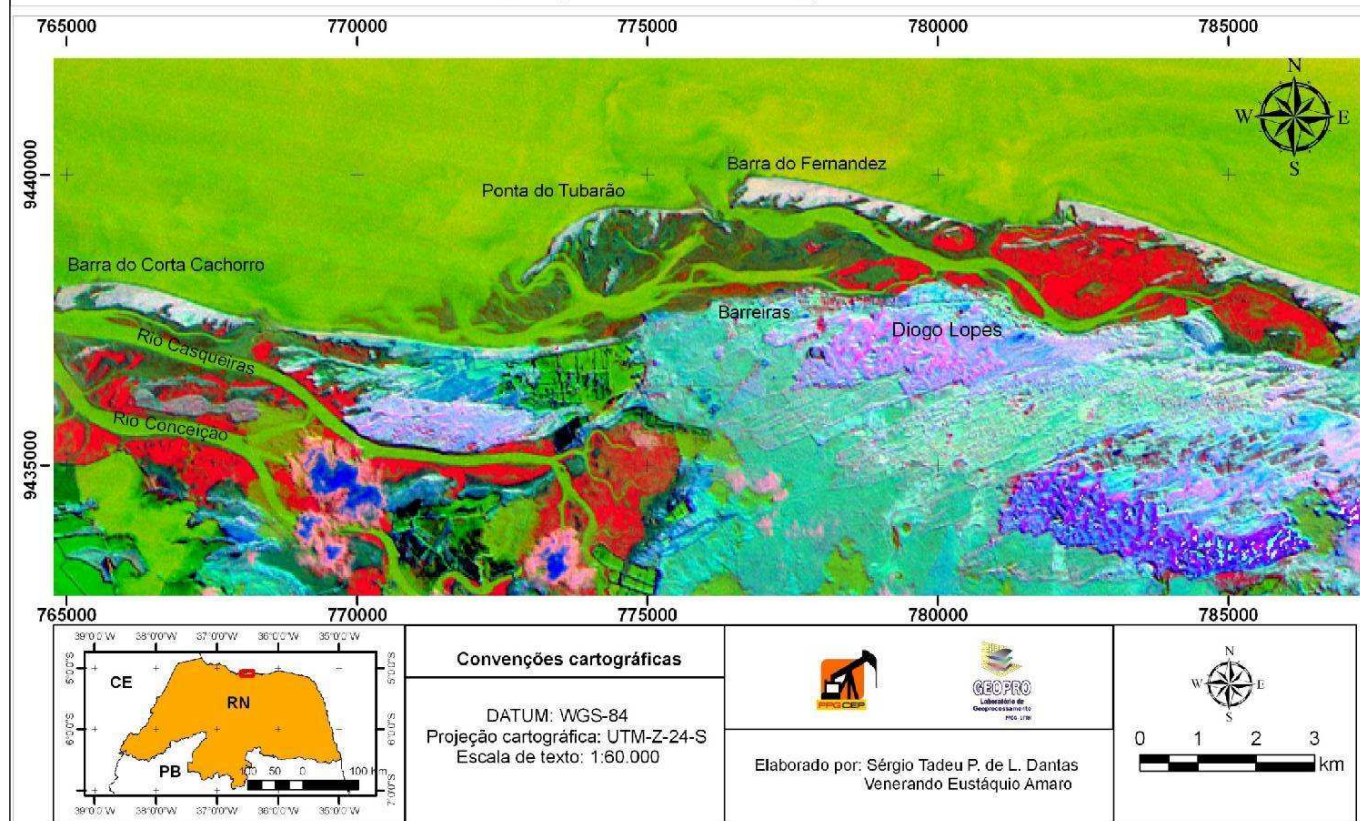


Figura 4.3: LANDSAT 5-TM de 12/Dezembro/2008 com a composição R (PC5) G (PC3/PC4) B (Banda 5), onde o vermelho menos intenso dentro dos bancos representa áreas com vegetação rasteira e tapetes algálicos, sendo estas as mais propícias ao desenvolvimento de vegetação de manguezal.

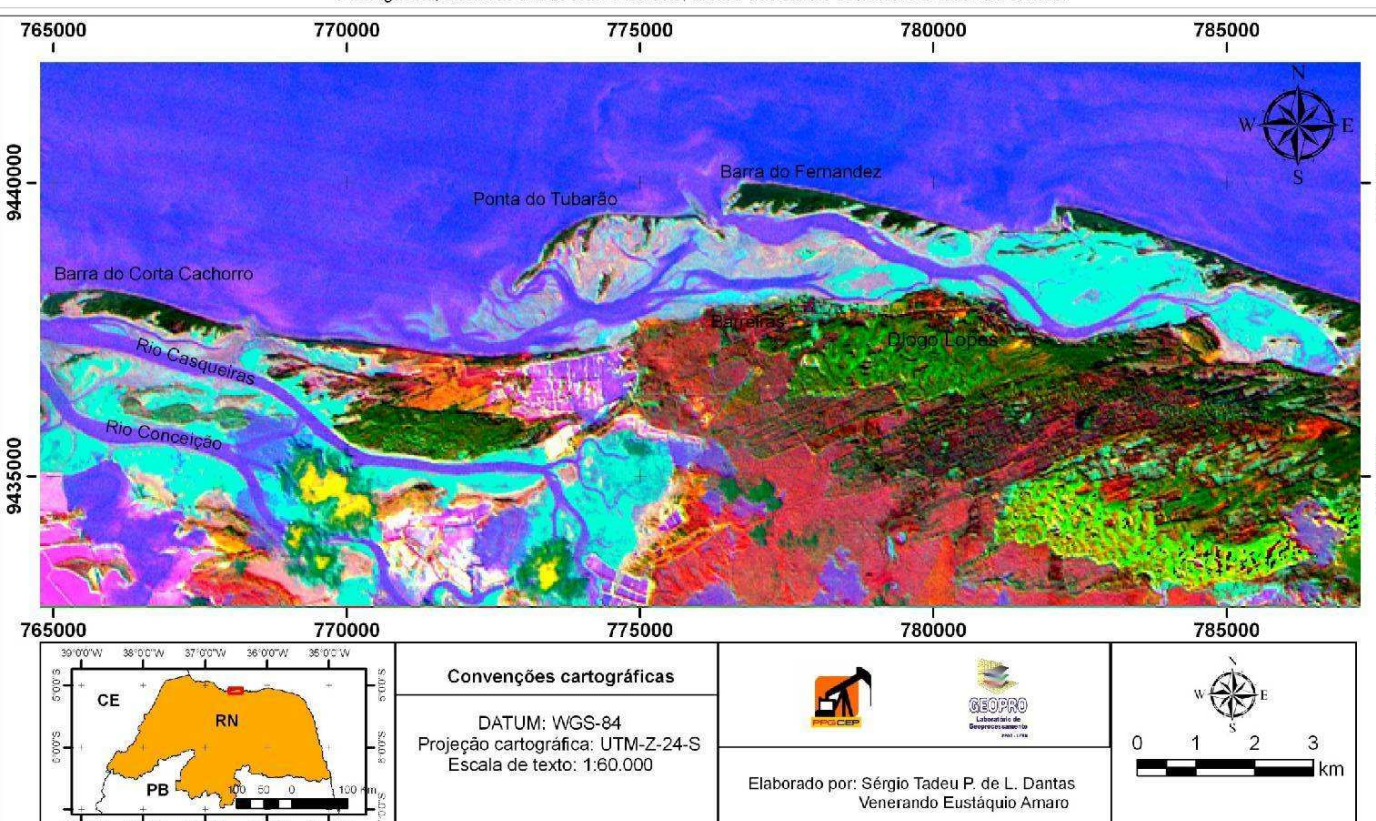


Figura 4.4: Imagem LANDSAT 5-TM de 12/Dezembro/2008 com a aplicação da composição (R (D5) G (D3/D4) B (D5)), permitindo a visualização em destaque das diferentes texturas entre dunas fixas e móveis, bem como o detalhamento de toda a área de superfície.

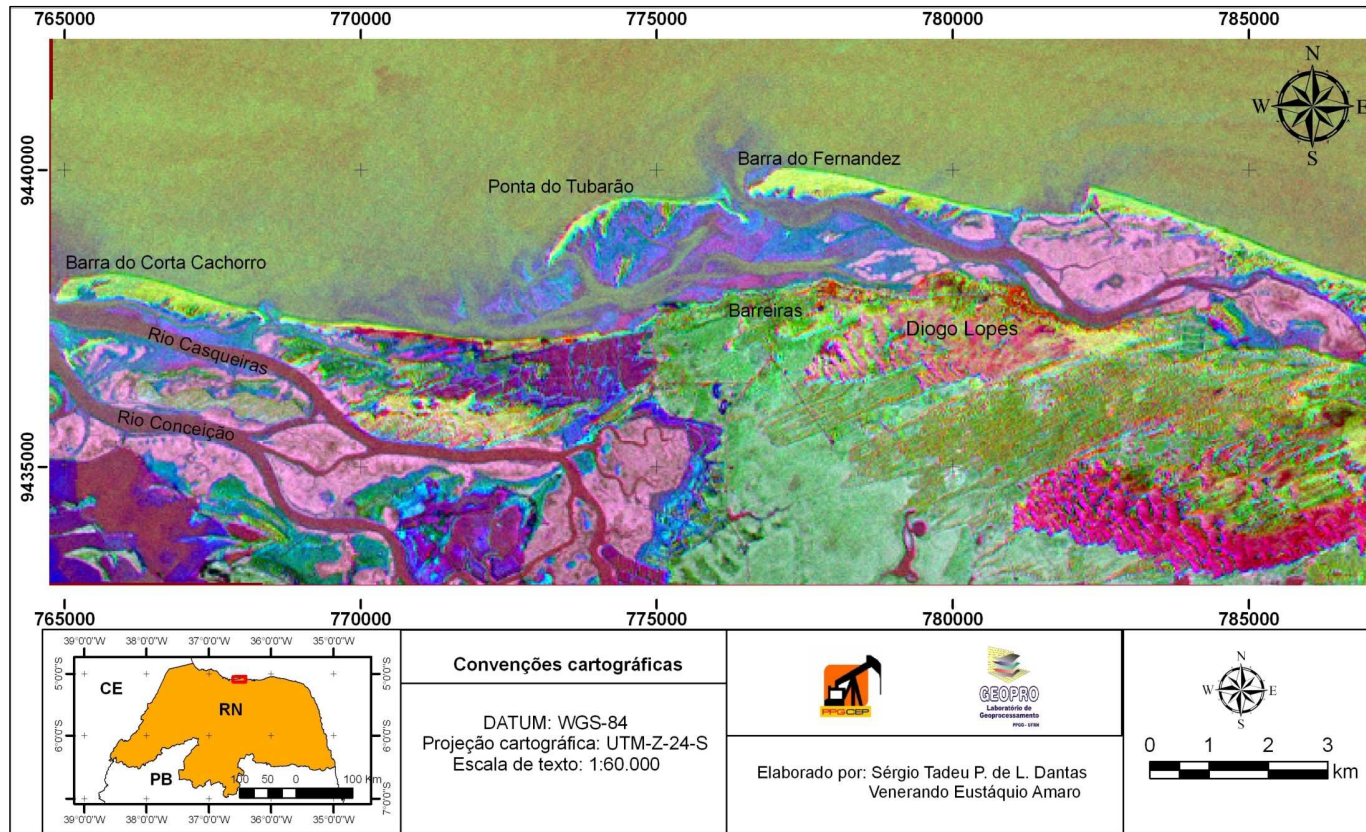


Figura 4.5: Imagem LANDSAT 5-TM de 19/Junho/2008 com a aplicação da R (PC5) G (PC4) B (PC3).

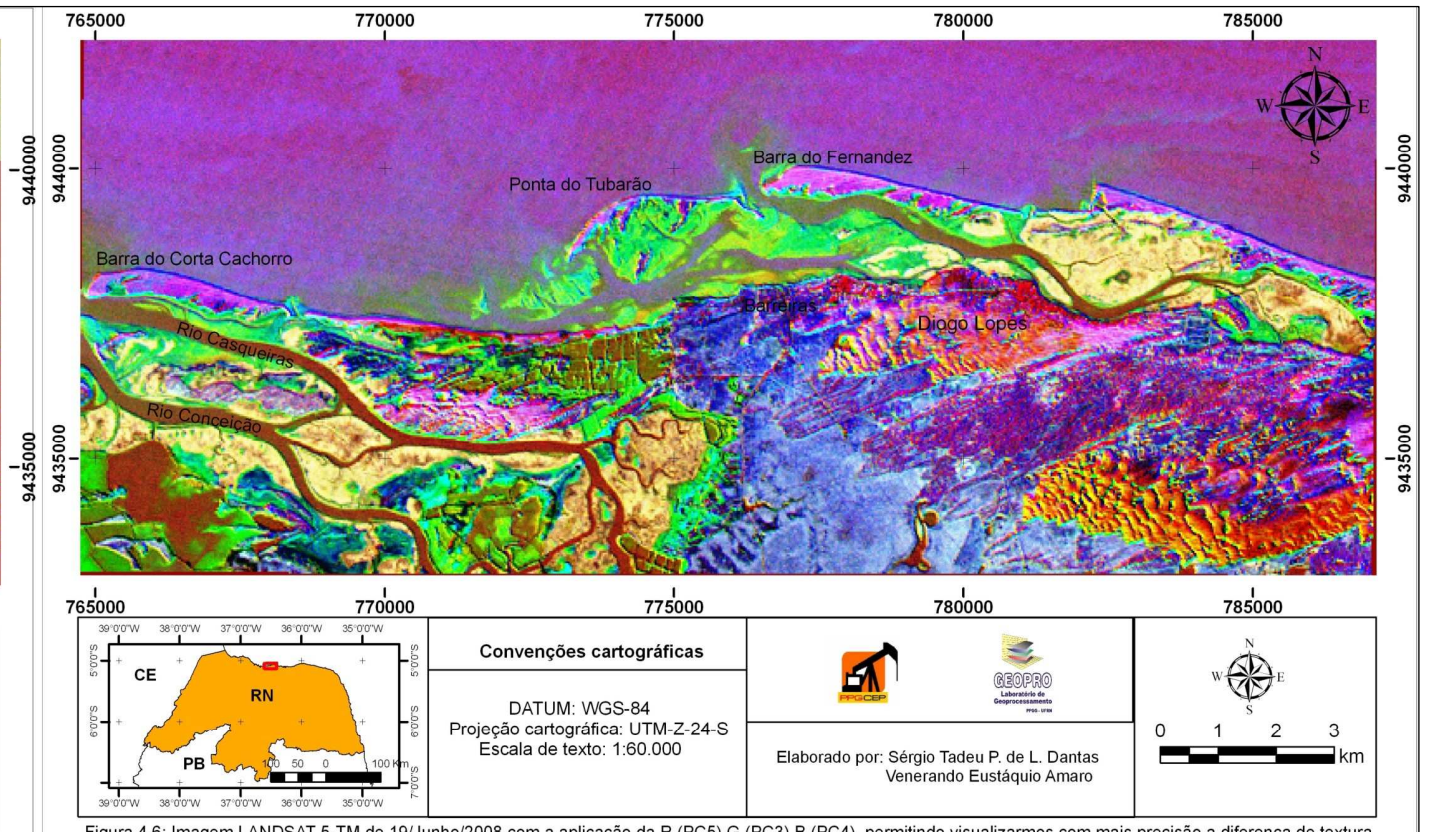


Figura 4.6: Imagem LANDSAT 5-TM de 19/Junho/2008 com a aplicação da R (PC5) G (PC3) B (PC4), permitindo visualizarmos com mais precisão a diferença de textura entre as dunas fixas e móveis, além da vegetação em tons amarelados e os bancos de coloração esverdeados.

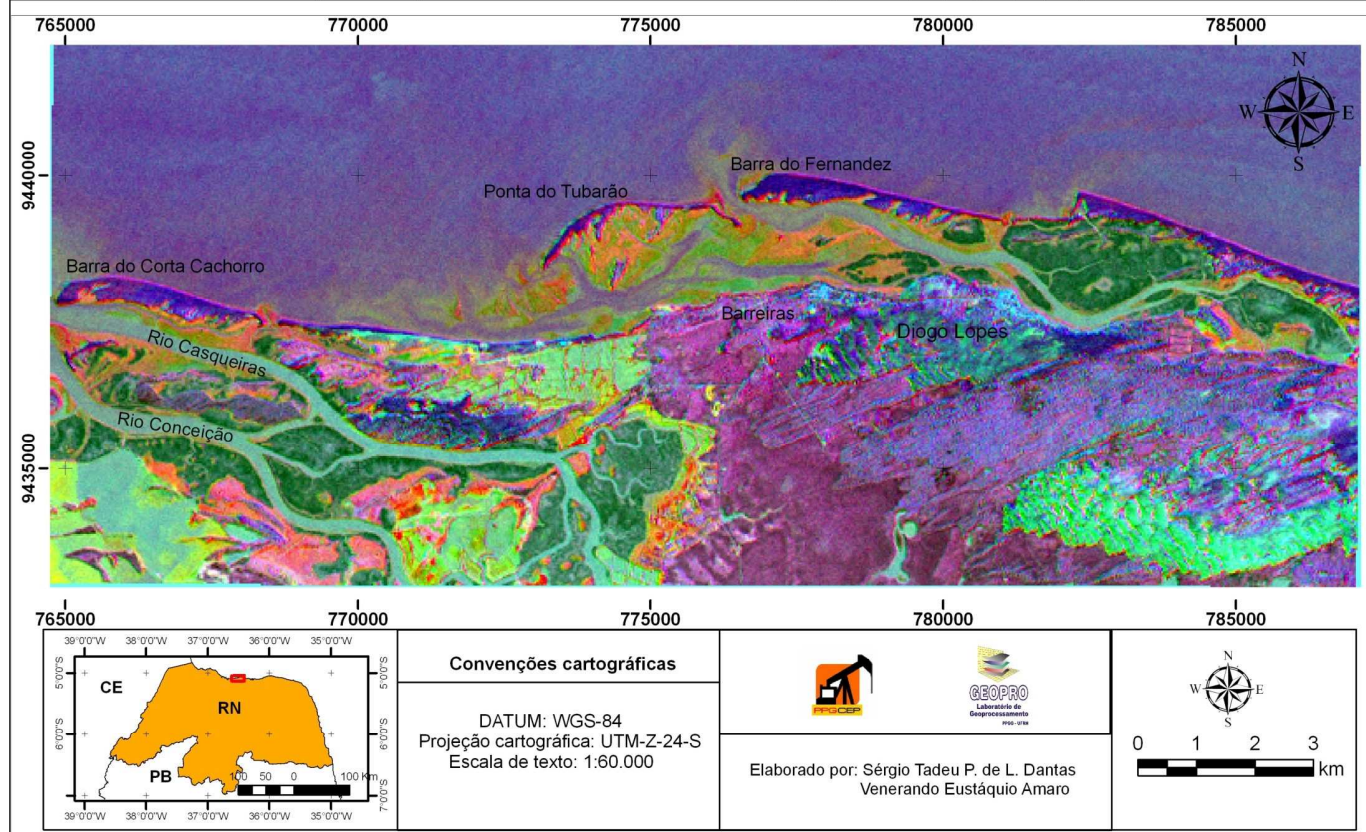


Figura 4.7: Imagem LANDSAT 5-TM de 19/Junho/2008 com a aplicação da {R (D5) G (D4) B (D3)}, permitindo visualizarmos o quanto a dinâmica costeira presente pode afetar a conformação litorânea, como pode ser vista tanto na Barra do Fernandez quanto na Ponta do Tubarão; quando comparadas à imagem de 12/Dezembro/2008.

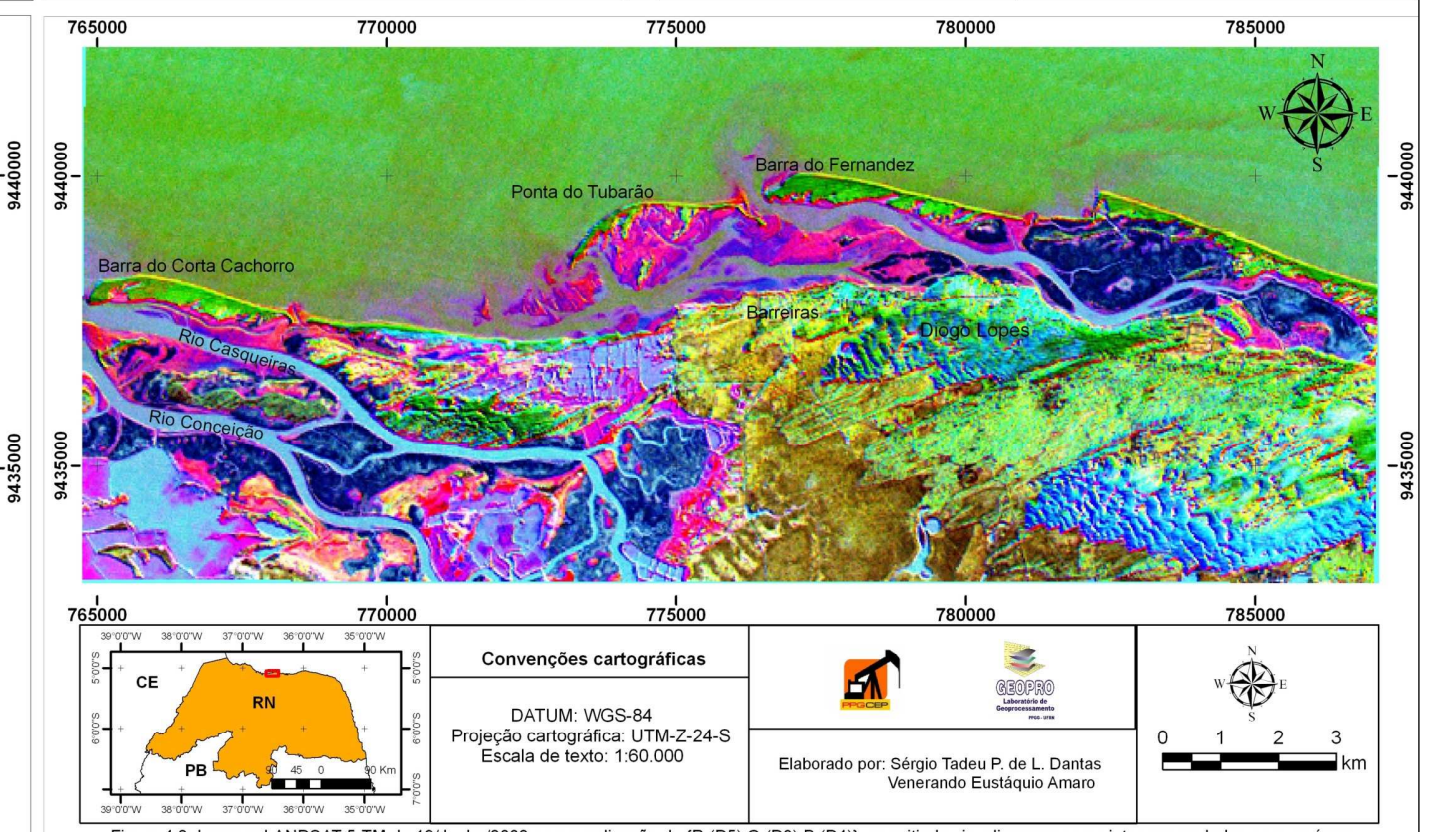


Figura 4.8: Imagem LANDSAT 5-TM de 19/Junho/2008 com a aplicação da {R (D5) G (D3) B (D4)}, permitindo visualizarmos cores intensas azuladas para as áreas vegetadas com mangue; azul mais claro para regiões com algas e vegetação rasteira e, frações granulométricas mais fina a composição realçou tons rosados

4.2 - Análise multitemporal dos bancos areno-lamosos: 2000 a 2008.

Segundo Souto (2004), a análise multitemporal representa o acompanhamento da evolução de determinados objetos em intervalos de tempo distintos. Para a área em estudo, a interpretação de imagens de sensoriamento remoto proporcionou a elaboração de mapas com caráter multitemporal para as unidades geomorfológicas caracterizadas como bancos areno-lamosos. O período compreendido apresenta um intervalo de tempo de aproximadamente 8 anos (Landsat 5 TM 13/Junho de 2000 e Landsat 5 TM 12/Dezembro de 2008).

Com o uso do PDI, foi possível realçar as diferentes unidades geoambientais, o que favoreceu na interpretação das mudanças ocasionadas pelos intensos processos costeiros existentes na região. Processos erosivos e progradativos são encontrados em toda a faixa costeira setentrional do Estado do RN. Esses processos são desencadeados através da alta energia em função de uma complexa interação de fatores diversos, são eles: ondas que variam de moderadas a altas; ventos de alta intensidade e consistência; além de correntes direcionadas pelas ações dos ventos e marés (Souto, 2004; Nascimento, 2009).

Depois de processadas no *software Er Mapper*[®] 7.1, as imagens orbitais foram remanejadas para o *software ArcGis*[®] 9.2, sendo posteriormente realizada a vetorização das principais unidades geomorfológicas, em especial dos bancos areno-lamosos. Os mapas das diversas unidades, após confirmação com dados de campo, foram integrados em ambiente SIG na escala 1:60.000, incluindo a classificação das feições em função da presença ou ausência de cobertura vegetal.

Num primeiro momento, para a imagem de 13/Junho de 2000, foi aplicada a composição {R(D1) G (D3) B(D4)}, o que nos permitiu fazer uma analogia com a linha de costa em 12/Dezembro/2008, onde nos revelou importantes modificações na morfologia da linha de costa, como por exemplo, a abertura de três canais, sendo dois naturais e um terceiro artificial. O primeiro é notado nas proximidades da Barra do Corta Cachorro (Canal do Arrombado) que teve sua abertura em fevereiro de 2006 (Nascimento, 2009). Também em fevereiro de 2006, um segundo canal é aberto devido a um intenso processo erosivo norte-sul, que favoreceu na abertura do Canal de maré do Fernandez, passando a ser ilha barreiras do Fernandez (Figura 4.9). O terceiro canal, que é artificial, está localizado em frente à salina Soledade.

Dessa forma, o mapeamento realizado para a imagem de 13/Junho de 2000 resultou em uma área disponível de bancos areno-lamosos de cerca de 8,92 km² ou 892 ha (Figura 4.10). Para a imagem Landsat 5 TM 12/Dezembro de 2008 (Figura 4.11), os resultados indicam uma área disponível de bancos areno-lamosos com cerca de 10,13 km² ou 1013 ha, sendo que destes, foram analisados cerca de 0,89 km² com características físico-químicas viáveis para o plantio.

Quando comparadas as áreas de interesse para o plantio, percebemos que as mesmas se mantiveram praticamente estáveis (Figura 4.12), ocorrendo até um aumento da área de bancos. Este aumento proporcional de bancos areno-lamosos está associado ao transporte de sedimentos através de ações marinha e eólica; ou seja, durante este período (entre 2000 e 2008), possivelmente, foi carreado, através destas forçantes, apenas o material mais arenoso, composto de areias quartzosas. Assim, quando deslocada essa parte superficial, podem-se constatar logo abaixo, extensões de bancos com granulometria mais fina e notoriamente mais estáveis quando comparados ao material de granulometria mais grossa, que facilmente é conduzido pelas presentes variáveis ambientais.

Sendo assim, a elaboração desta análise contribui com o monitoramento destes bancos, o que nos beneficia com a visualização temporal do quanto acresceu e/ou diminuiu em área disponível dos mesmos para o reflorestamento com espécies de manguezal, representando numa das alternativas que convertam na manutenção da estabilidade na linha de costa, com conseqüente redução da ação erosiva que impacta sobre a exploração e produção sustentável de hidrocarbonetos nos campos petrolíferos de Macau e Serra.

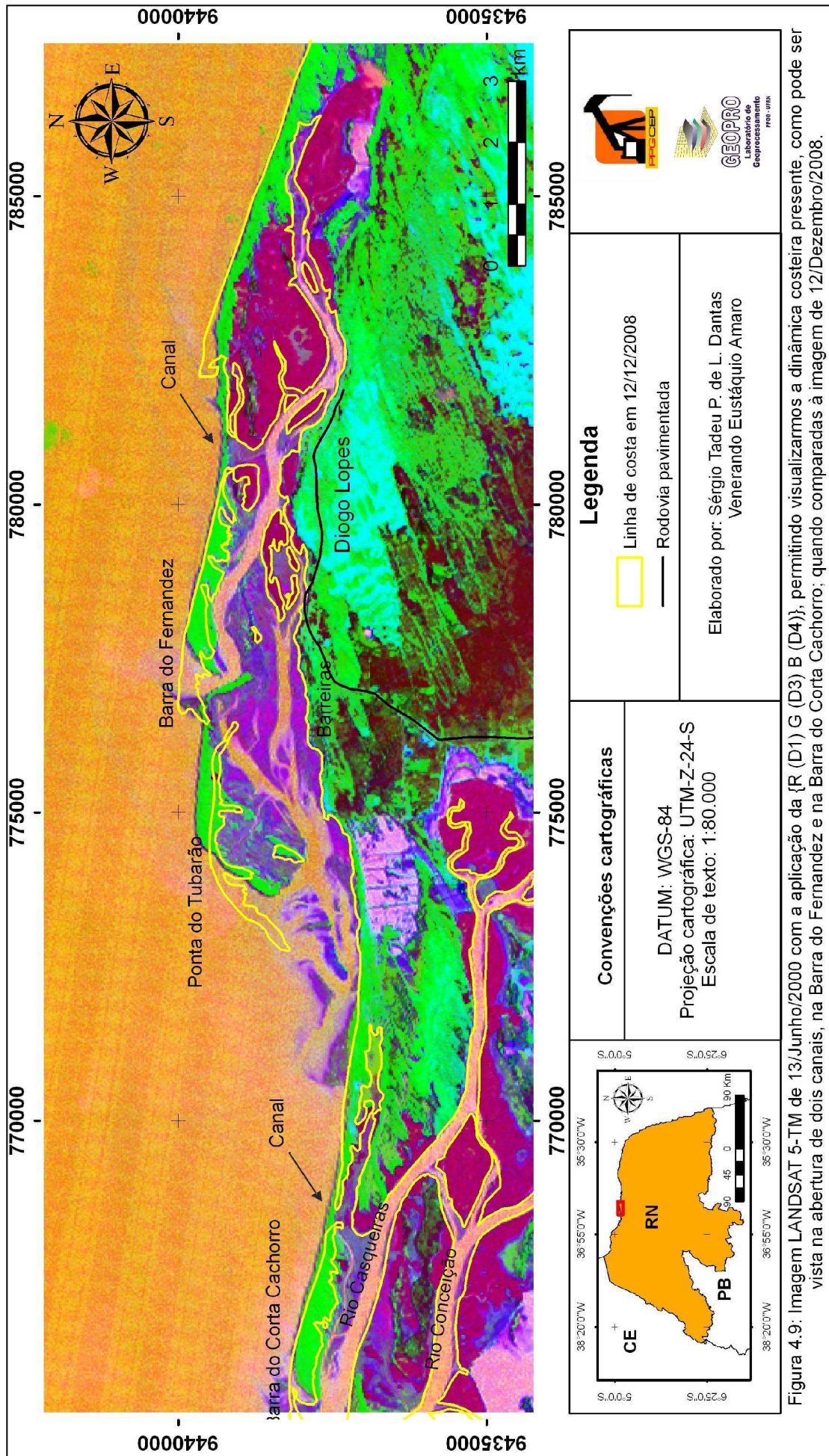


Figura 4.9: Imagem LANDSAT 5-TM de 13/Junho/2000 com a aplicação da {R (D1) G (D3) B (D4)}, permitindo visualizarmos a dinâmica costeira presente, como pode ser vista na abertura de dois canais, na Barra do Fernandez e na Barra do Corta Cachorro; quando comparadas à imagem de 12/Dezembro/2008.

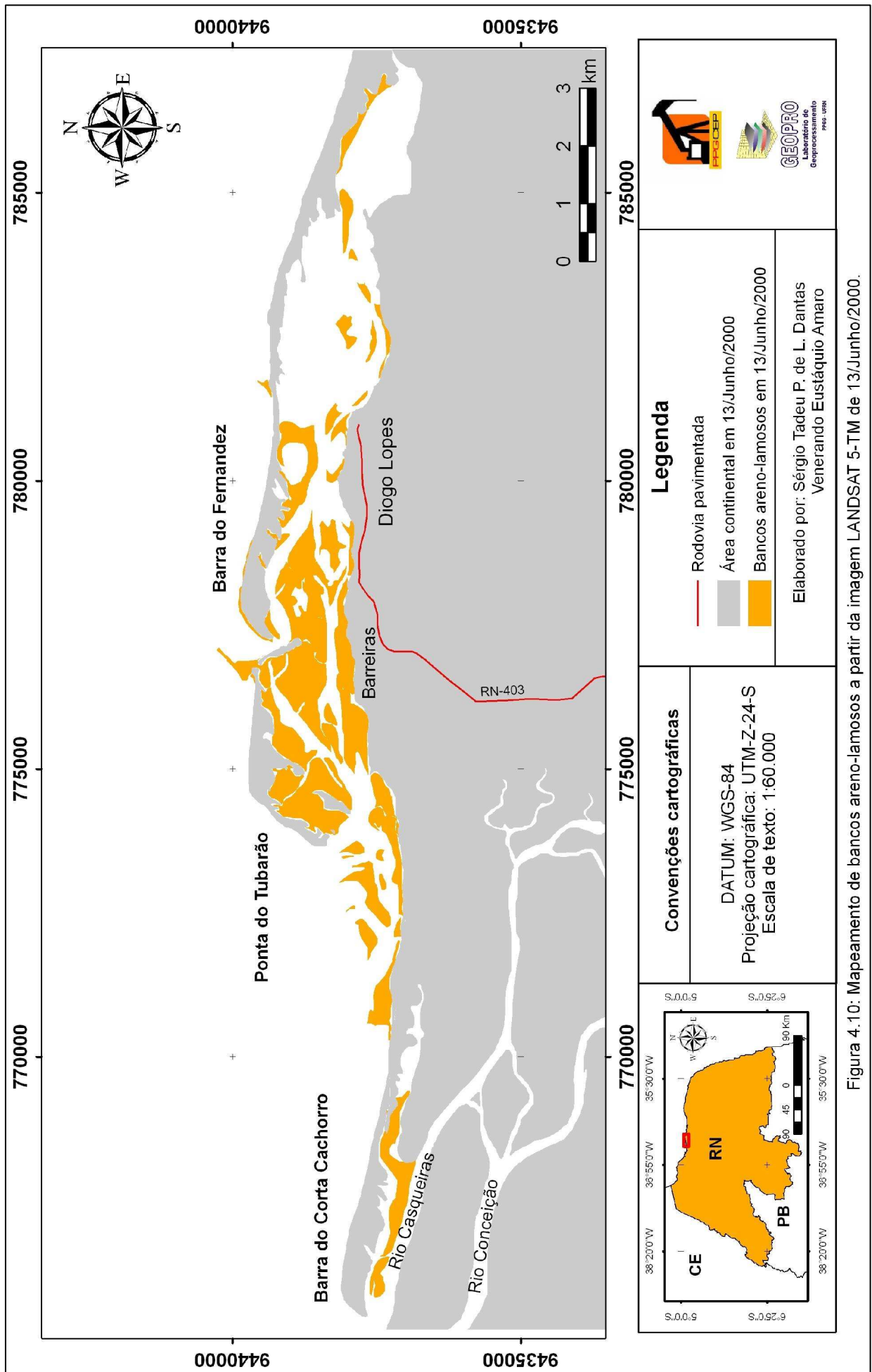


Figura 4.10: Mapeamento de bancos areno-lamosos a partir da imagem LANDSAT 5-TM de 13/Junho/2000.

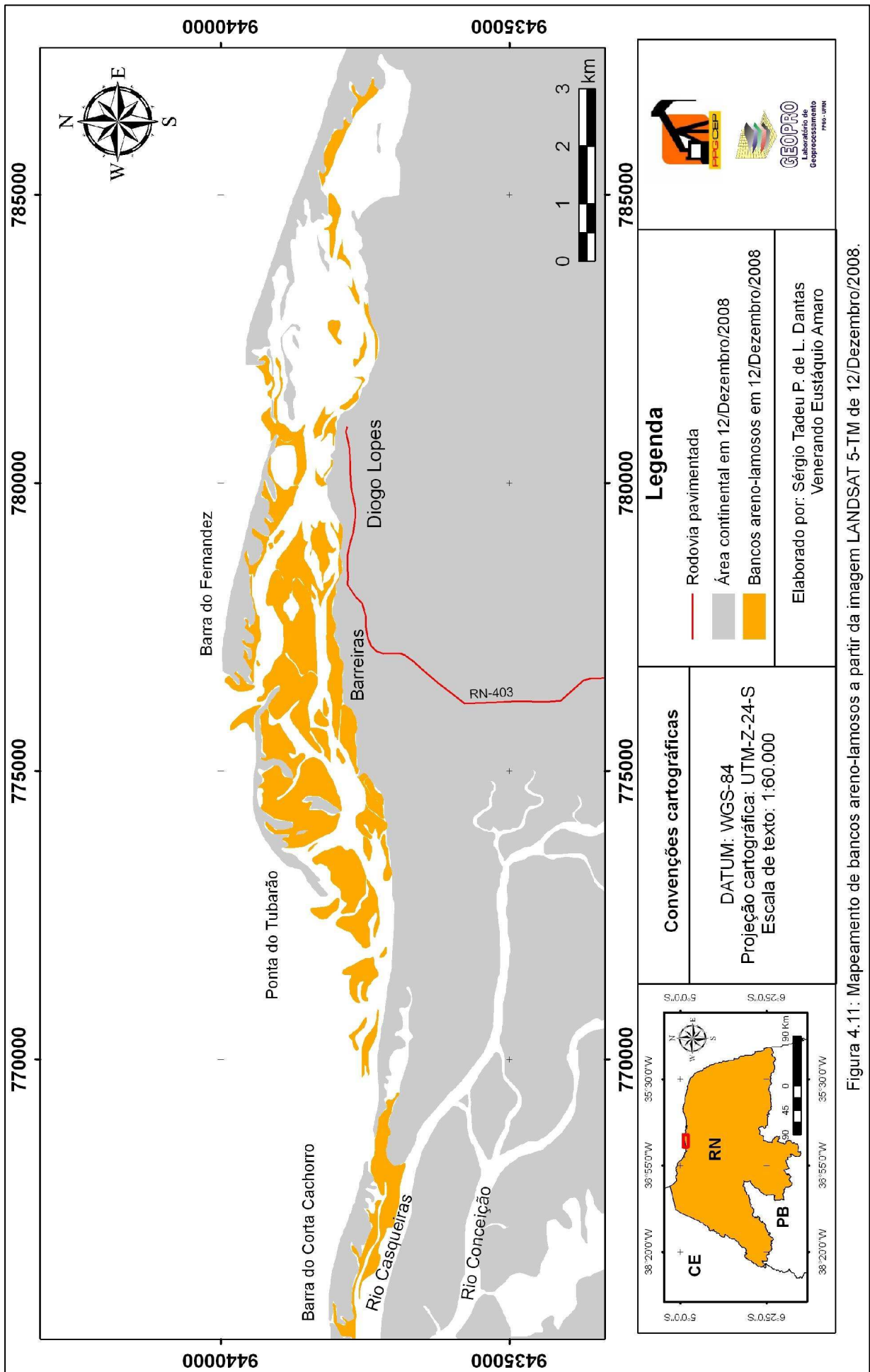
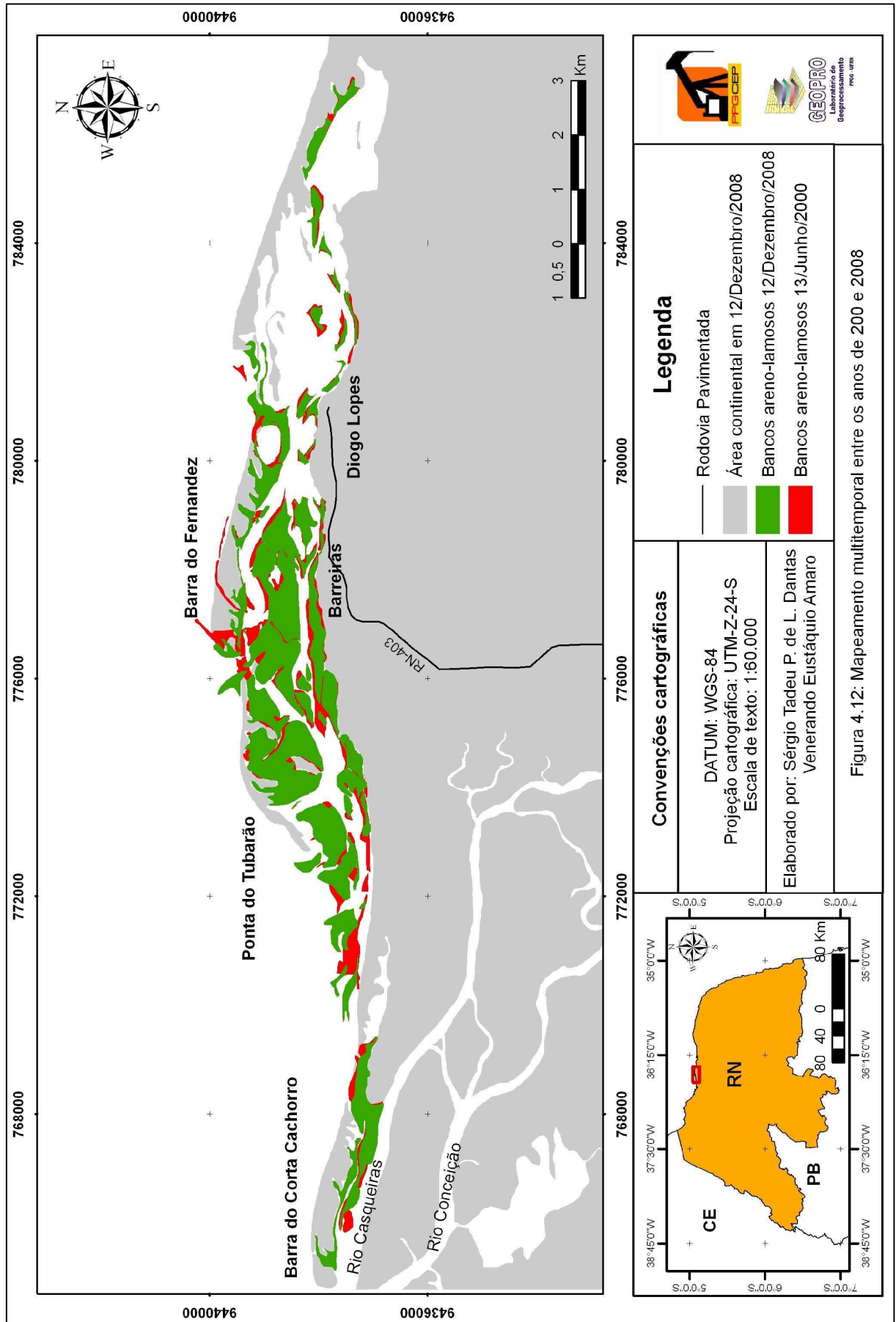


Figura 4.11: Mapeamento de bancos areno-lamosos a partir da imagem LANDSAT 5-TM de 12/Dezembro/2008.



4.3 - Resultados analíticos

Neste tópico serão apresentados os resultados obtidos na caracterização dos bancos areno-lamosos, com o objetivo de se conhecer o potencial dos mesmos ao reflorestamento, bem como a existência de elementos dos grupos dos elementos maiores e traços que possam contribuir de forma direta no desenvolvimento das espécies vegetais escolhidas para a reestruturação daquela área.

Para uma melhor compreensão e visualização dos dados analíticos, optamos inicialmente por confecções gráficas e na elaboração de um sumário estatístico para cada parâmetro analisado, com o intuito de auxílio na interpretação dos resultados. Dessa forma, foram construídos sumários estatísticos representativos dos dados referentes às amostras dos quatro perfis analisados ao longo do trecho estudado.

Como forma de ajudar na interpretação, optamos na organização dos seguintes grupos de gráficos:

- Para os quatro perfis estudados, foram elaborados gráficos a partir da variação dos teores dos diferentes parâmetros analisados: granulometria, pH, Matéria Orgânica (*MO*, em %), Carbonatos ($CaCO_3$, em %), Condutividade Elétrica (*CE*, 1:5 dS.m⁻¹), Cátions trocáveis (cmol_c.Kg⁻¹) e elementos maiores e traços (mg.Kg⁻¹). Isto permite de forma visual, uma melhor explicação para as diferentes alterações, quando existentes.
- Grupos que variaram de acordo com o coeficiente de variação (*CV*), sendo que dentro deles foram divididos da seguinte forma: empiricamente foi construída uma escala (Tabela 4.1) onde valores de *CV* apresentam diferentes respostas na variabilidade de cada elemento dentro do seu respectivo perfil e/ou no conjunto de todos os perfis;
- Para se revelar uma confiabilidade analítica dos resultados observados nos perfis, foram elaboradas amostras duplicatas e confeccionados seus respectivos gráficos, a partir dos resultados da análise dos elementos maiores, menores e traços.

Para a elaboração dos sumários estatísticos e respectivos gráficos, os teores abaixo do limite de detecção para cada elemento (especificamente para maiores, menores e traços) foram substituídos pela metade do limite de detecção do método analítico (EPA 3051a). A título de comparação, também é importante ressaltar que esse método consistiu a partir da extração (com HNO₃) e granulometria (< 0,063 mm) diferentes dos demais resultados, o que implica em se ter uma idéia sobre as concentrações destes elementos na área em estudo.

Tabela 4.1: Resposta empírica aos diferentes valores observados na distribuição dos elementos dentro de cada perfil.

Valor de C.V (%)	Variabilidade dos elementos	Total de elementos*
$CV \leq 25$	Muito Baixa	0
$25,1 < CV > 50$	Baixa	14
$50,1 < CV > 100$	Média	2
$CV > 100,1$	Alta	2

* Elementos maiores, menores e traços, analisados através do ICP-OES.

4.3.1 - Granulometria

Para uma melhor apresentação dos dados, as análises granulométricas foram previamente descritas e classificadas texturalmente de acordo com as diferenças dos diâmetros médio das amostras.

Dessa forma, das 29 amostras analisadas nesta pesquisa, 0 % foram classificadas como areia muito grossa, 13,79% como areia grossa, 22,59 % como areia média, 34,48 % como areia fina, 10,34% areia muito fina e 13,79 como silte.

Sendo assim, a partir da análise da média é possível observar-se uma predominância, em sua maioria, da fração caracterizada como areia fina, independente de qual perfil seja analisado. Quanto ao grau de seleção, o mesmo variou de muito pobre a moderadamente selecionado.

Para melhor compreendermos o quanto a granulometria pode influenciar na formação das partículas do solo, foi confeccionado um sumário (Tabela 4.2) e seus respectivos gráficos (Figura 4.13), para os teores de silte, argila e silte + argila, que podemos visualizar de maneira mais precisa. Dessa forma, percebe-se uma correlação positiva, onde se tem uma tendência de aumento de uma variável quando a outra aumenta. Em sua maioria, os pontos onde são encontradas as maiores porcentagem de silte e argila estão nos perfis B e D, bancos arenolamosos com presença de algas calcárias e vegetação densa de manguezal, respectivamente.

Tabela 4.2: Sumário estatístico da análise granulométrica para as amostras analisadas.

Parâmetro	mín	máx	média	mediana	DP	CV
Silte (S)	1,009	83,34	18,81	7,63	23,41	124,5
Argila (A)	0,394	6,09	1,985	1,3	1,537	77,4
(S) + (A)	1,493	89,43	20,8	8,77	24,93	119,8

Valores dados em porcentagem (%).

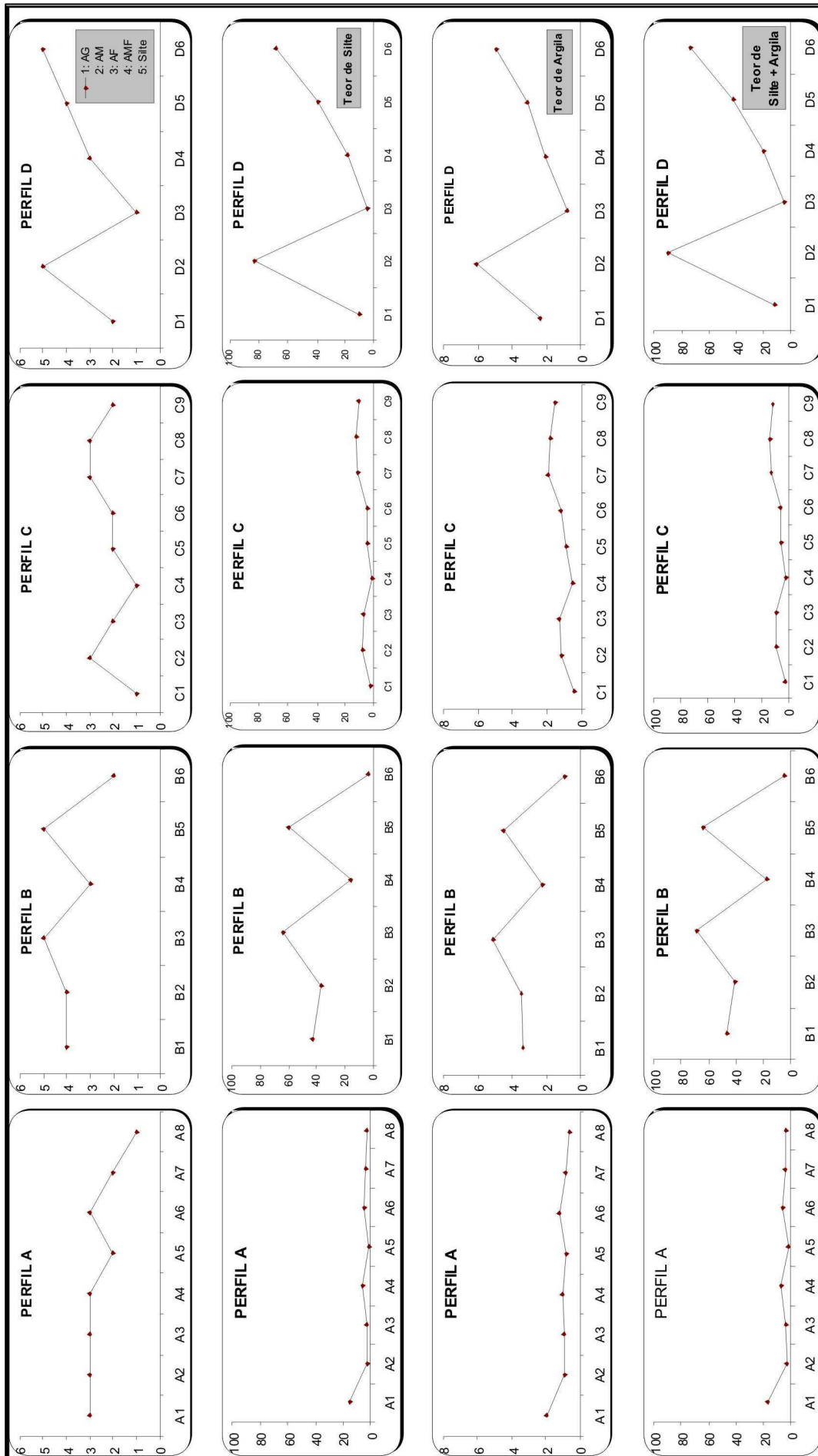


Figura 4.13: Representação gráfica de granulometria, teores de silte, argila e silte + argila. No eixo x encontramos as amostras analisadas e no eixo y os valores encontrados, dados em porcentagem; com exceção do primeiro gráfico, onde AG (Areia Grossa), AM (Areia Média), AF (Areia Fina) e AMF (Areia Muito Fina).

4.3.2 - Teores de carbonato (CaCO_3) e matéria orgânica (MO)

Os resultados das análises realizadas no Laboratório de Sedimentologia/Geologia-UFRN, são apresentados na Tabela 4.3, onde constam os valores mínimo, máximo, médio, mediana, desvio padrão e coeficiente de correlação, obtidos a partir dos dados quantificados oriundos do ataque com ácido clorídrico (HCl a 10%) e após o ataque com peróxido de hidrogênio (H_2O_2 , 1:1); representando assim, os teores quantificados de carbonatos e de matéria orgânica, respectivamente, dados em percentagem.

Tabela 4.3: Sumário estatístico da quantificação de CaCO_3 e MO para as amostras analisadas.

Parâmetro	mín	máx	média	mediana	DP	CV
CaCO_3	4,13	29,54	12,97	11,04	6,48	49,9
MO	0,65	9,83	2,48	1,64	2,2	88,7

Parâmetros analisados na fração granulométrica < 1,00 mm, dados em %.

Empiricamente foram atribuídos valores baixos ($0 > x < 10$), médios ($10 > x < 20$) e altos ($20 > x < 30$) para os teores de carbonatos encontrados nas amostras.

Diante disto, podemos verificar os teores de carbonatos (Tabela 4.4 e Figura 4.14), onde é possível observar uma predominância de 37,93 % das amostras com teores entre 0-10 %, sendo destes, 27,27 % provenientes do **perfil A**, 9,09 % do **perfil B**, 36,36 % do **perfil C** e 27,27 % do **perfil D**. Para os valores entre 10-20 % foi encontrada uma porcentagem de 44,83 %, distribuídos da seguinte maneira: 38,46 % no **perfil A**, 7,69 % no **perfil B**, 30,77 % no **perfil C** e 23,08 % no **perfil D**. Para as amostras com teores de carbonatos entre 20-30 %, foi possível constatar uma porcentagem de 17,24 % do total, sendo destes, 80 % encontrados no **perfil B** e 20 % no **perfil D**.

Tabela 4.4: Distribuição do teor de CaCO_3 em diferentes intervalos.

Teor de CaCO_3	Quant.	Amostras	Perfil A	Perfil B	Perfil C	Perfil D
			----- (%)-----			
$0 > x < 10$	11	37,93	27,27	9,09	36,36	27,27
$10 > x < 20$	13	44,83	38,46	7,69	30,77	23,08
$20 > x < 30$	5	17,24	0	80	0	20

Com relação aos teores de matéria orgânica (Tabela 4.5 e Figura 4.14), Barreto *et al.* (2007) cita que a quantidade da mesma está relacionada tanto com fontes naturais quanto antropogênicas; onde as naturais incluem a produção primária autóctone e o aporte terrígeno. Já as fontes antrópicas, segundo Carreira e Wagener (2003), podem ser oriundas de quatro principais fatores: queima de combustíveis fósseis com emissão de alguns elementos como C, N e S; diferentes usos e ocupações do solo, o que resulta no aumento no transporte de

sedimentos e nutrientes para a zona costeira; aplicação de fertilizantes fosfatados e nitrogenados e; descarga de dejetos urbanos.

Com exceção de alguns pontos, podemos verificar que os sedimentos de granulometria mais fina (do tipo silte) apresentam, geralmente, uma maior percentagem de matéria orgânica. Verificamos uma predominância de 48,28 % das amostras com valores de *MO* entre 0-1,5 %, sendo 50 % no **perfil A**, 7,14 % no **perfil B** e 42,86 % no **perfil C**. Nos teores entre 1,5 e 3,0 % de matéria orgânica, podemos visualizar 24,14 % das amostras nesse intervalo, sendo destes, 14,29 % no **perfil A**, 28,57 no **perfil B**, 42,86 no **perfil C** e 14,29 % no **perfil 2**. Por fim, para as amostras com teores de *MO* acima de 3,0 % temos 27,59 % do total, sendo 37,5 % no **perfil B** e 62,5 % no **perfil D**.

Tabela 4.5: Distribuição do teor de *MO* em diferentes intervalos.

Teor de MO	Quant.	Amostras	Perfil A	Perfil B	Perfil C	Perfil D
			----- (%)-----			
0 > x < 1,5	14,00	48,28	50	7,14	42,86	0,00
1,5 > x < 3,0	7,00	24,14	14,29	28,57	42,86	14,29
x > 3	8,00	27,59	0	37,50	0	62,5

Desta maneira, foi possível constatar que a quantidade de carbonatos e matéria orgânica apresentou uma significativa variação, onde encontramos os maiores valores, principalmente de CaCO₃, nos **perfis B e D**; que no **perfil B** encontramos em campo a presença de um tapete algálico de macroalgas, além dos pontos coletados no **perfil D**, localizados nas proximidades da vegetação densa de mangue.

A elevada concentração de *MO* no **perfil D** pode ser explicada em virtude de ser uma área onde predominam vegetações adensadas típicas de manguezal, o que favorece um aumento na concentração de macro e microrganismos, uma elevação na produção de material biogênico e um conseqüente aumento na produção de serrapilheira.

A área considerada como sendo área piloto de plantio, sugerida por Nascimento (2009), perfil A (A4), apresenta-se como dentro da média, comprovando ser uma região com características de matéria orgânica propícias ao desenvolvimento de espécies típicas de mangue. Além desta, outras importantes extensões de bancos areno-lamosos também apresentam características iguais e/ou superiores à supracitada.

Alguns fatores foram importantes para a escolha deste ponto como sendo área piloto de plantio. Dentre eles, podemos destacar em campo o aparecimento natural de plântulas típicas de vegetação de mangue, um paleomangue que um dia vegetou essa região, além de ser uma área protegida de ondas de arrebentação. Além desses fatores, essa região encontra-se

na porção leste do campo de Macau que apresenta intensa erosão devido a presença de um canal de maré paralelo à linha de costa. Portanto, em caso de sucesso de reestruturação da área, a mesma deslocará esse canal de maré, o que reduziria significativamente o impacto sofrido pela linha de costa atual.

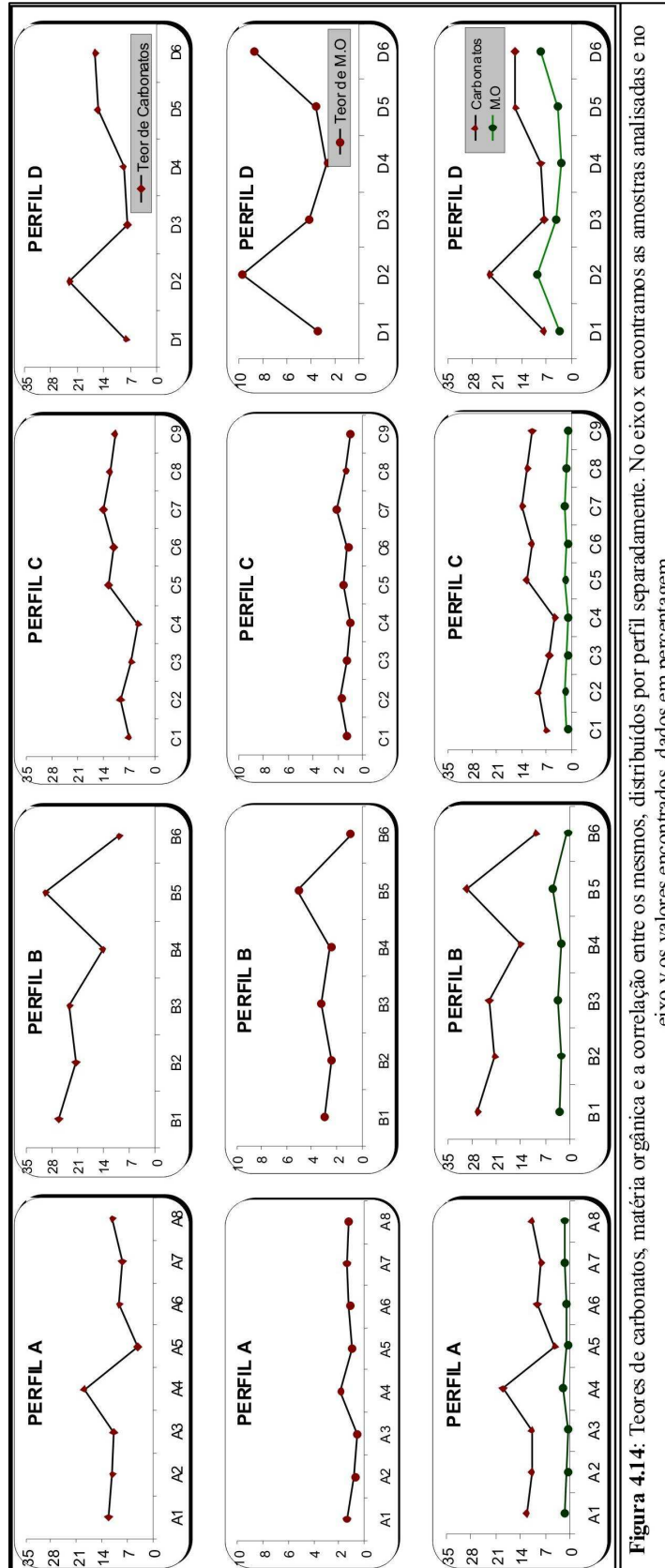


Figura 4.14: Teores de carbonatos, matéria orgânica e a correlação entre os mesmos, distribuídos por perfil separadamente. No eixo x encontramos as amostras analisadas e no eixo y os valores encontrados, dados em percentagem.

4.3.3 - Fertilidade e condutividade elétrica

Na Tabela 4.6 estão representados os resultados relativos aos atributos avaliados na caracterização físico-química, provenientes das análises de acordo com a Embrapa (1997), realizadas no Laboratório da EMPARN, sendo dispostos os valores de fertilidade (pH , P , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , $H^+ + Al^{3+}$), além da condutividade elétrica.

Tabela 4.6: Sumário estatístico representativo dos parâmetros relacionados à fertilidade.

Parâmetro	mín	máx	média	mediana	DP	CV
pH	7,83	8,75	8,4	8,39	0,2	2,4
CE (1:5 dS.m ⁻¹)	1,32	15,1	5,83	5,05	2,8	48,1
Ca²⁺ (cmol _c .Kg ⁻¹)	1,37	24,37	2,92	2,05	4,2	142
K⁺ (cmol _c .Kg ⁻¹)	0,6	5,71	1,63	1,2	1,1	68,9
Mg²⁺ (cmol _c .Kg ⁻¹)	3,37	160	11,55	5,62	28,6	247,9
Na⁺ (cmol _c .Kg ⁻¹)	9,25	64,51	23,58	21,42	11,6	49,4
P (mg.Kg ⁻¹)	2	61	16,07	9	16,3	101,6

Parâmetros analisados na fração granulométrica < 1,00 mm.

Com relação ao pH , todas as amostras analisadas são consideradas como sendo muito alcalinas, com valores acima da neutralidade ($pH=7,0$), apresentando uma média elevada de $pH = 8,4$ e um coeficiente de variação de 2,4 %, o que podemos dizer que a alteração existente dentro dos perfis é desprezível (Figura 4.15). Como já se era esperado segundo a literatura, onde normalmente não são encontrados valores de acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) para pH em água > 5,9, também não foram encontrados para as amostras desta pesquisa, pois o alumínio pode está precipitado na forma de $Al(OH)_3$: $Al^{3+} + 3H_2O = Al(OH)_3 + 3H^+$ (Camargos, 2005).

Podem-se destacar também altos valores (Tabela 4.6; Figura 4.15) com relação à condutividade elétrica obtida a partir do extrato de saturação, demonstrando o caráter sálico destes bancos areno-lamosos, provavelmente devido a contribuição das águas marinhas. Além disso, a maioria dos pontos analisados apresentam valores superiores a $7dS.m^{-1}$, caracterizando o ambiente como sendo halomórfico (meio concentrado em sais e com valores de pH entre 5,0 e 9,6) de acordo com a Embrapa (1999).

Com relação aos teores de P disponível, os mesmos são observados em baixas concentrações, com exceção de 3 pontos (C1, C3 e C4) que apresentam teores acima de $50 mg.Kg^{-1}$, Figura 4.15, e podem está influenciados pela presença antrópica neste perfil. Já os teores de cátions trocáveis e suas proporções relativas são variáveis ao longo de todos os perfis. Para as concentrações de Ca^{2+} trocáveis, podemos observar que o coeficiente de variação foi de 141,98, o que nos levaria a crer que o mesmo nos responderia como sendo de

alta variabilidade dentro dos perfis. No entanto, analisando graficamente (Figura 4.16), percebemos que a informação seria errônea, pois apenas um ponto (A1) dos analisados foi quem fez o coeficiente de variação elevar, sendo que as demais amostras apresentaram praticamente a mesma variação de Ca^{2+} .

Para os teores de Mg^{2+} , ocorre praticamente o mesmo que o anterior, dessa vez, o ponto D2 (Figura 4.16) estaria influenciando a elevação do coeficiente de variação. Para as concentrações de K e Na , podemos observar graficamente (Figura 4.16) a semelhança de variação desses dois elementos. Como podemos visualizar, Três pontos em comum são ressaltados na variação gráfica, tanto para K quanto para Na , são eles: A4, B5 e D2.

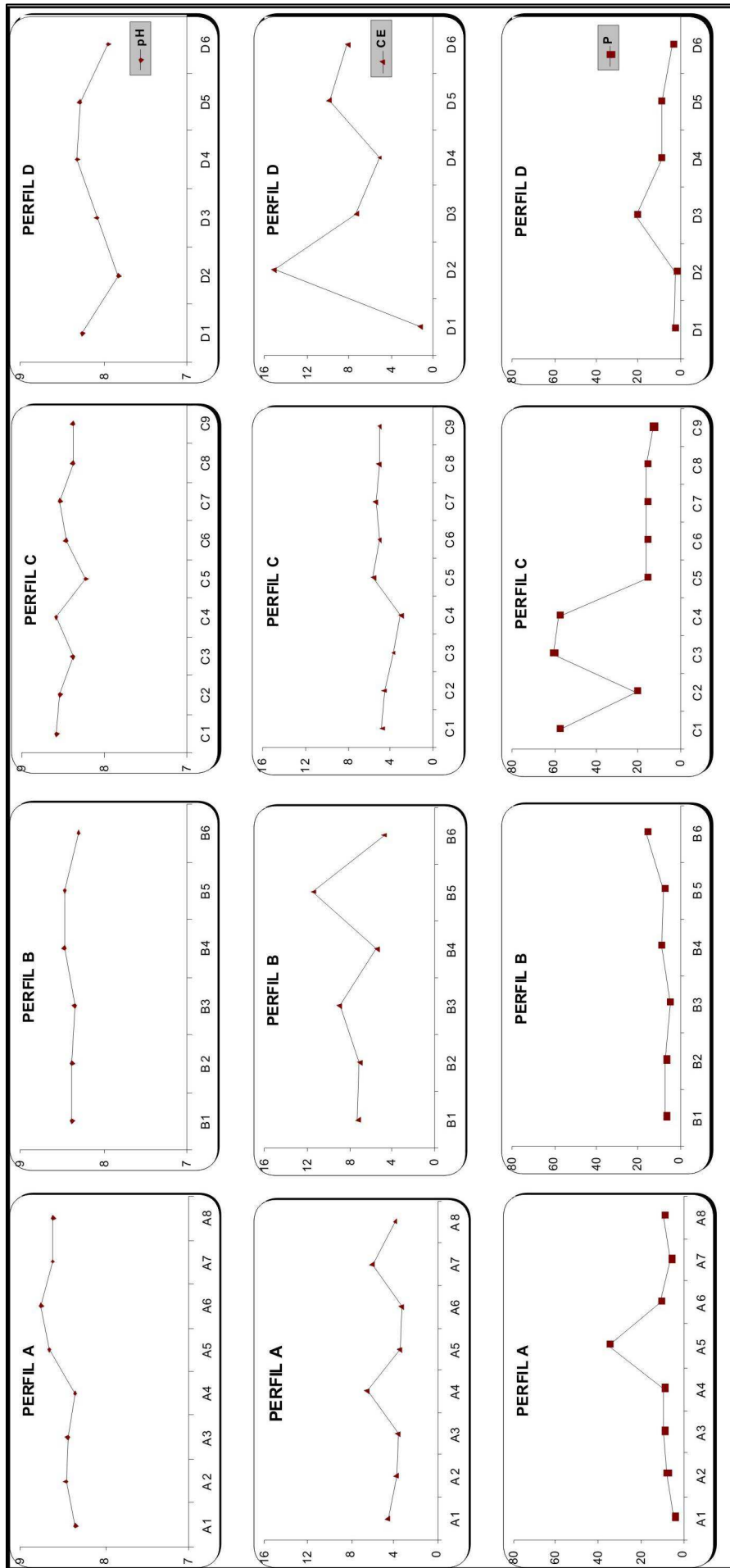


Figura 4.15: Valores de *pH* em H₂O; valores de condutividade elétrica (1:5 dS.m⁻¹) obtida a partir do extrato de saturação nos perfis analisados e; teores de *P* disponível (dados em mg.Kg⁻¹). No eixo x encontram-se as amostras analisadas em cada perfil.

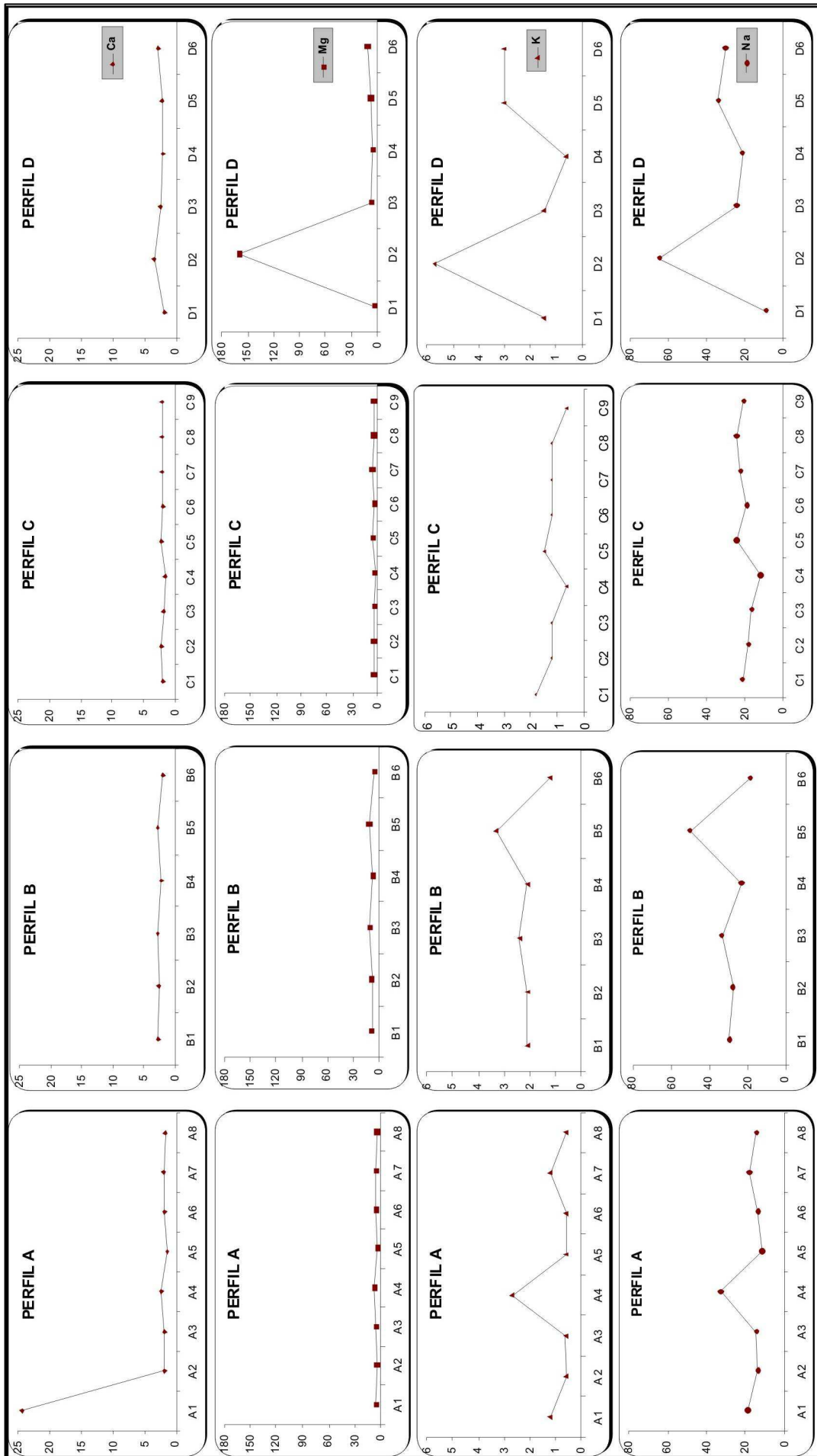


Figura 4.16: Representação gráfica dos teores de cátions trocáveis. No eixo x as amostras analisadas e no eixo y as concentrações de cada elemento (cmol_c.Kg⁻¹).

4.3.4 - Elementos maiores, menores e traços

Embora considere o ecossistema manguezal como Área de Preservação Permanente (Art. 2º da lei 4771/65) e como reserva ecológica (Resolução nº 004/85 do CONAMA), a legislação ambiental brasileira ainda não dispõe de critérios de qualidade para sedimentos em geral, bem como não existem valores basais (*background*) para os parâmetros geoquímicos determinados com relação aos sedimentos da região em estudo. Para efeito de analogia e se ter uma idéia sobre as consequências dos teores de metais encontrados nos sedimentos da área, optamos por utilizar os critérios estabelecidos na literatura, representados pelo NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) e CETESB (2005). Ver anexo 5.

Como forma de se revelar uma confiabilidade analítica dos resultados obtidos através do método EPA 3051a, foram elaboradas duplicatas, onde na Figura 4.17 são apresentadas graficamente as variações existentes nos perfis com relação as mesmas. Concordando com a visualização gráfica, podemos perceber que não existem variações significativas reveladas através do coeficiente de correlação (alto, com mínimo de $R^2 = 8,4$), dentro de cada um dos 18 elementos detectados.

Nas Figuras 4.18 a 4.22 são encontradas as concentrações dos elementos maiores, menores e traços analisados. Não foram realizadas tabelas ou gráficos contendo as concentrações de *Be*, *Bi*, *Cd*, *Co*, *Mo*, *Sn*, *Ti* e *Tl*, pois as mesmas apresentaram valores abaixo do limite de detecção do aparelho em todas as amostras (Tabela 4.7).

Em uma análise geral, a partir dos dados relacionados ao coeficiente de variação (*CV*) apresentados na Tabela 4.7, percebemos que não há uma variabilidade de elementos maiores, menores e traços, que seja muito significativa para a maioria dos elementos, com exceção de 2 elementos que apresentaram uma média e outros 2 uma alta variabilidade, atribuídas empiricamente, de acordo com a Tabela 4.1.

Segundo Nascimento (2008) o alumínio é utilizado, frequentemente, como fator de normalização para as concentrações de elementos-traço em sedimento. Isso por apresentar-se em elevadas concentrações, não se alterar devido à atividades antropogênicas e por fazer parte das estruturas dos argilominerais.

As concentrações de alumínio (*Al*) apresentaram um $CV=35,9\%$, que de acordo com a tabela 4.1, representa uma baixa variabilidade do elemento dentro dos quatro perfis, sendo que os maiores valores podem ser percebidos, normalmente, onde ocorre um aumento na porcentagem de matéria orgânica (Figura 4.18). Por se tratar de sedimentos com partículas de

menores diâmetros, o alumínio tende a sedimentar em maior quantidade, já que os argilominerais são aluminossilicatos.

Tabela 4.7: Sumário estatístico dos resultados para elementos, maiores, menores e traços.

Elementos	LD	LQ	Número < LD *	mín	máx	média	mediana	DP	CV
Al	0,03	0,1	0	2518	18280	10241,17	10555	3676,6	35,9
B	0,03	0,105	17	<0,03	15	10,333	12,25	4,3	136,6
Ba	0,02	0,075	0	49	675,5	127,81	104	118,8	92,9
Be	0,025	0,085	29	<0,03	—	—	—	—	—
Bi	0,035	0,11	29	<0,035	—	—	—	—	—
Ca	16	52,5	0	47295	170800	111960	118950	33420,7	29,9
Cd	0,04	0,13	29	<0,04	—	—	—	—	—
Co	0,025	0,085	29	<0,025	—	—	—	—	—
Cr	0,04	0,115	0	6,5	55	28,034	29,5	10,5	37,3
Cu	0,04	0,135	1	<0,04	36,5	6,482	5	7,1	110,1
Fe	13,5	45,5	0	3881,5	31100	14684,28	14415	5482,6	37,3
K	11	36	0	1107,5	6645	3935,03	3970,5	1167,2	29,7
Li	0,03	0,105	0	3	27,5	14,345	14	6,2	43
Mg	21,5	72	0	5570	16240	11989,83	12605	3014,9	25,1
Mn	0,02	0,075	0	31,5	201	132,47	133,5	48	36,2
Mo	0,03	0,095	29	<0,03	—	—	—	—	—
Na	7	23	0	3564,5	37465	14293,6	12310	6473,1	45,3
Ni	0,05	0,16	0	1	20,5	8,741	8,5	4,2	48,5
P	0,04	0,135	0	167	789	499,19	495	169,9	34
Pb	0,03	0,1	0	2,5	24	10,276	8,5	5,4	52,2
Sn	0,03	0,105	29	<0,03	—	—	—	—	—
Sr	5	17	0	222,5	1567,5	982,88	1051,5	353,8	36
Tl	0,035	0,27	29	<0,035	—	—	—	—	—
Ti	0,03	0,11	29	<0,03	—	—	—	—	—
V	0,03	0,095	0	7,5	61	25,552	25	10,7	42
Zn	0,04	0,11	0	14	70,5	37,121	37,5	13,6	36,7

Elementos analisados na fração granulométrica < 0,063 mm;

* Número de amostras que deram abaixo do limite de detecção;

OBS.: Valores precedidos da simbologia < correspondem a valores abaixo do LD (Limite de detecção). LQ (Limite de quantificação).

Assim como o elemento anterior, a concentração de ferro (*Fe*) apresentou um *CV* de baixa variabilidade, com um valor de 37,3 % (Tabela 4.7; Figura 4.18). Quando comparadas aos teores de *MO*, as concentrações de *Fe* e *Al* demonstram uma correlação positiva entre as mesmas e as frações mais finas do sedimento.

Com relação ao elemento boro (*B*), a presença do mesmo em quantidade adequada se torna necessário para a translocação de açúcares das folhas para os ramos, sendo essencial ao desenvolvimento das raízes, o que favorece um aumento da respiração, principalmente para

espécies vegetais desse tipo, que possuem raízes influenciadas pela variação da maré ao longo do dia. Como mostrado na Figura 4.18, o mesmo apresenta-se apenas em doze pontos ao longo dos perfis amostrados, o que faz com que o *CV* se torne alto.

A concentração de bário (*Ba*), elemento considerado como não essencial à saúde humana (Garlipp, 2006), variou de 49 a um máximo de 675,5 mg.Kg⁻¹ (Tabela 4.7; Figura 4.19). Se visualizarmos graficamente, conseguimos notar que o *CV* é elevado (92,9%) devido ao fato de dois pontos excederem os valores normais para esse elemento dentro dos perfis estudados, sendo que os menores são observados ao se aproximar do perfil D, onde está localizada uma concentração de vegetação de manguezal protegida.

Com isso, tendo como valor de referência de 130 mg.Kg⁻¹, segundo o NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration, podemos destacar uma possível contaminação por *Ba* nos pontos que ultrapassaram esse valor. Essas elevadas concentrações de *Ba* podem estar relacionadas à presença antrópica, já que esse elemento apresenta diversas aplicações, como na produção da borracha e combustíveis, como aditivos em lubrificantes e na produção de fertilizantes. No entanto, em termos analógicos, para a CETESB (2005), somente valores de 750 mg.Kg⁻¹ apresentam relação com uma possível intervenção da indústria.

Altas concentrações de cálcio (*Ca*) foram encontradas, possivelmente devido ao material de origem dos sedimentos, que é composto por muito material carbonático oriundo de algas calcárias e incrustações de fragmentos de conchas presentes ao longo de alguns trechos analisados. O *Ca* variou de 47,26 mg.Kg⁻¹ a 170800 mg.Kg⁻¹ (Figura 4.19), sendo que nessa variação encontramos valores muito superiores aos de referência, mostrando a alta concentração deste elemento para a região em estudo, comprovando a grande variação do mesmo nas regiões litorâneas.

As concentrações de cromo (*Cr*) variaram entre 6,5 mg.Kg⁻¹ e 55 mg.Kg⁻¹ (Figura 4.19), sendo que a maioria das amostras apresentaram concentrações de qualidade para sedimentos estuarinos, segundo os valores de referências indicados pela NOAA, com exceção de uma amostra localizada no perfil D. Esses resultados indicam a existência de níveis de concentração superiores ao TEL (concentração abaixo da qual não há risco potencial de efeitos tóxicos à biota), com valor de 52,3 mg.Kg⁻¹, indicados pela NOAA. Já para a CETESB (2005), valores de um mínimo de 150 mg.Kg⁻¹ são considerados de intervenção antrópica.

Os teores de *K* apresentaram uma variação baixa no coeficiente de variação ($CV = 29,7 \%$), sendo observados graficamente (Figura 4.19) maiores valores nos perfis *B* e *D*, podendo está associado às maiores concentrações de granulometria mais fina do sedimento.

O lítio (*Li*) variou de maneira semelhante às concentrações de *Al* e *K*, onde observamos valores entre 3 mg.Kg^{-1} a $27,5 \text{ mg.Kg}^{-1}$ (Figura 4.20), sendo que as maiores variações também são encontradas nos perfis *B* e *C*. De acordo com o coeficiente de variação, esse elemento se apresenta com uma baixa variabilidade.

As concentrações de magnésio (*Mg*) variaram em seu coeficiente de variação $25,1 \%$, o que podemos considerar como sendo uma baixa variabilidade desse elemento, representada na constatação e visualização gráfica (Figura 4.20).

Para o manganês (*Mn*), são observados valores compreendidos entre $31,5 \text{ mg.Kg}^{-1}$ e 201 mg.Kg^{-1} . De acordo a NOAA, encontramos todos os pontos abaixo do AET - Limite de efeitos aparentes, onde impactos biológicos são sempre esperados, que é igual a 260 mg.Kg^{-1} . Na Figura 4.20, podemos observar a distribuição das concentrações de *Mn* ao longo dos perfis analisados, revelando um comportamento similar ao do *Mg*.

As concentrações de sódio (*Na*) variaram em relação ao $CV 45,8 \%$, o que também se enquadra dentro da faixa de baixa variabilidade, atribuída empiricamente e comprovada através da análise gráfica (Figura 4.20). A alta concentração desse elemento revela a alta salinidade que anteriormente foi evidenciada, quando das análises de fertilidade e que, provavelmente se deve ao fato de receber a contribuição das águas marinhas.

Para as concentrações de níquel (*Ni*), obtivemos uma variação de 1 mg.Kg^{-1} até um valor máximo de $20,5 \text{ mg.Kg}^{-1}$ (Tabela 4.7; Figura 4.21). Esse elemento apresentou-se dentro dos pontos coletados em concentrações abaixo das quais efeitos adversos raramente ocorrem ($ERL = 20,9 \text{ mg.Kg}^{-1}$), segundo a NOAA. Assim como outros elementos citados, o *Ni* também se correlacionou positivamente com os teores de matéria orgânica, refletindo a forte correlação entre as frações finas dos sedimentos e as concentrações de metais.

O estrôncio (*Sr*) apresentou variação em suas concentrações entre $222,5 \text{ mg.Kg}^{-1}$ e $1567,5 \text{ mg.Kg}^{-1}$ (Tabela 4.7; Figura 4.21). Essas altas concentrações de *Sr* podem estar relacionadas a altas concentrações de *Ca*, pois de acordo com a literatura, estes dois elementos possuem alta correlação e afinidade.

Com relação à concentração de vanádio, *V*, a mesma variou entre $7,5 \text{ mg.Kg}^{-1}$ e 61 mg.Kg^{-1} (Tabela 4.7; Figura 4.21). De acordo com os valores orientadores da CETESB, estes resultados indicam ausência de uma possível contaminação por esse elemento. Já para os valores da NOAA, a maioria das concentrações encontram-se abaixo de 50 mg.Kg^{-1} , valor

este correspondente ao de *background*, com exceção de quatro pontos, sendo três dentro da presença antrópica e outro localizado próximo a vegetação densa de mangue.

Alguns elementos apresentaram concentrações que podem ter sido influenciadas pela presença antrópica, verificadas nas alterações do perfil C (*Cu*, *P*, *Pb* e *Zn*).

Com relação às concentrações de cobre (*Cu*), podemos observar na Tabela 4.7 que são encontrados valores variando de 0,02 a 36,5 mg.Kg⁻¹ e que, com exceção de um ponto apenas no perfil C (Figura 4.22), todos os outros estão verificados dentro dos valores de referência. Essa exceção provavelmente ocorre devido à presença antrópica. Segundo a CETESB (2005), a presença antrópica está associada com concentrações de *Cu* que variam entre 200 mg.Kg⁻¹ e 600 mg.Kg⁻¹, além de associar como valor de referência 35 mg.Kg⁻¹, que também não aparecem teores acima do mesmo nos dados encontrados nesta pesquisa. Já para a NOAA, níveis prováveis de efeito adverso à comunidade biológica são observados em valores de 108,2 mg.Kg⁻¹, que também não foram observados nesse estudo.

A variação na concentração de fósforo (*P*) pode ser observada na Figura 4.22. Os valores variam ao longo dos perfis entre 167 mg.Kg⁻¹ e 789 mg.Kg⁻¹. Como revelado graficamente, a ação antrópica pode ser a responsável pela disponibilização de fósforo para o meio e da maior variação desse elemento no perfil C, onde são observados os maiores teores.

O chumbo (*Pb*) apresentou uma variação entre 2,5 mg.Kg⁻¹ e 24 mg.Kg⁻¹ (Figura 4.22). Revelou um coeficiente de variação médio e com relação aos valores de referência estudados nessa pesquisa, CETESB (2005), o mesmo revelou valores que podem ser tidos como de alerta, principalmente para o perfil C, onde existe a presença antrópica (comunidade Barreiras) e apresenta efluentes de dejetos urbanos e de pequenas residências sendo descartados para dentro dos sedimentos areno-lamosos (como apresentado na Figura 3.7 do capítulo anterior). Já de acordo com os limites indicados pela NOAA, essas concentrações de *Pb* apresentam-se dentro da normalidade, ou seja, são encontrados valores abaixo dos indicados pelo TEL = 30,24 mg.Kg⁻¹ (concentração abaixo da qual não há risco potencial de efeitos tóxicos à biota).

As concentrações de Zn variaram entre 14 mg.Kg⁻¹ e 70,5 mg.Kg⁻¹ (Tabela 4.7; Figura 4.22). Esses valores se encontram bem abaixo que os valores de prevenção, segundo a CETESB (2005). Com relação a NOAA, todas as concentrações observadas estão abaixo do TEL (concentração abaixo da qual não há risco potencial de efeitos tóxicos à biota);

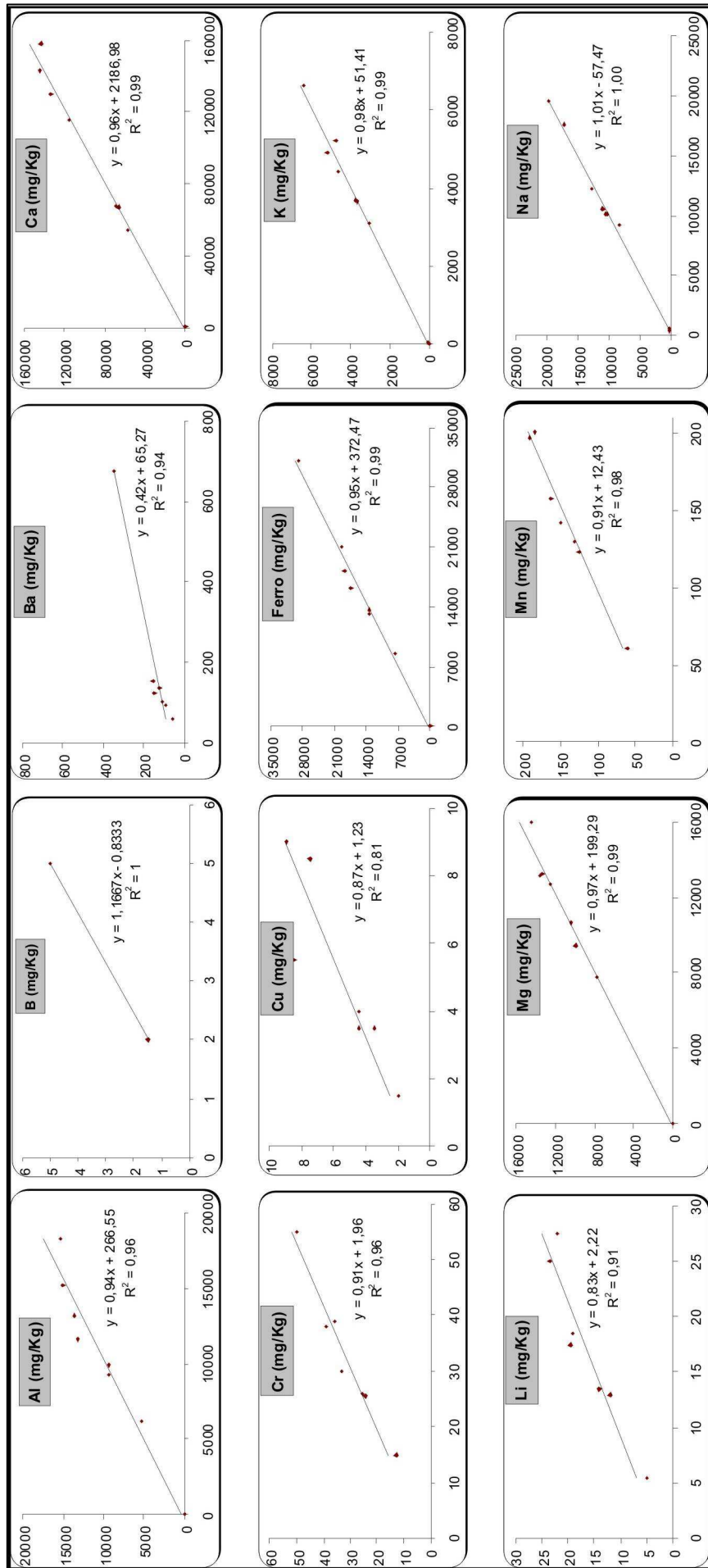


Figura 4.17: Representação gráfica das variações existentes nos perfis com relação às duplicatas, obtidas através do método analítico EPA 3051a. No eixo x encontram-se as concentrações da 1ª e no y estão as concentrações da 2ª duplicata, dadas em mg.Kg⁻¹.

Continuação Figura 4.17.

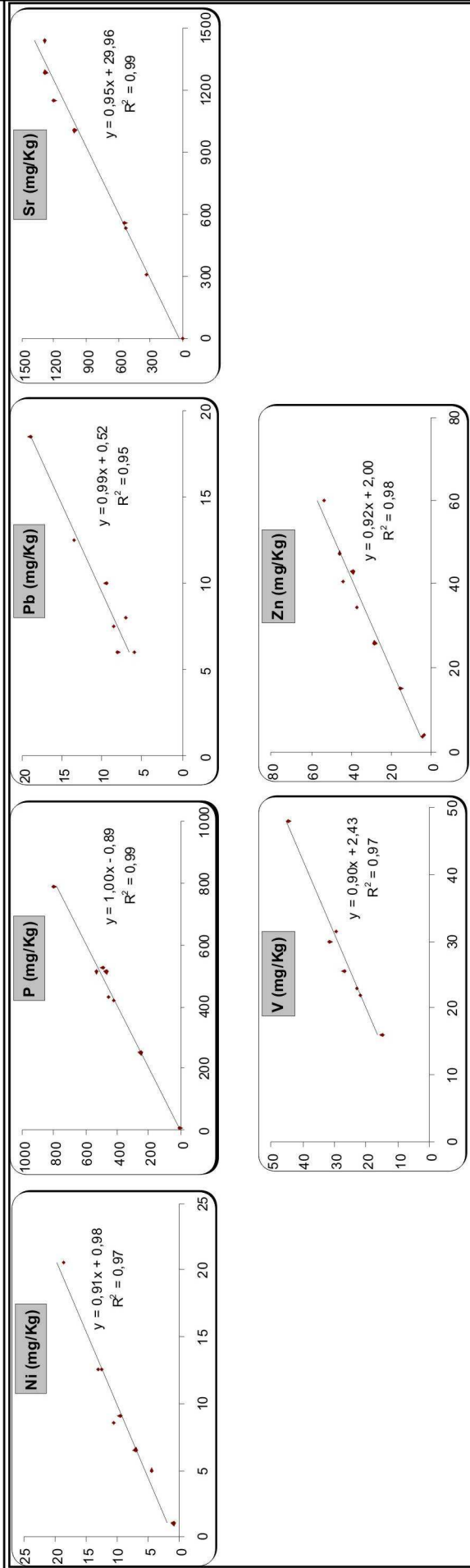


Figura 4.17: Representação gráfica das variações existentes nos perfis com relação às duplicatas, obtidas através do método analítico EPA 3051a. No eixo x encontram-se as concentrações da 1^a e no y estão as concentrações da 2^a duplicata, dadas em mg.Kg⁻¹.

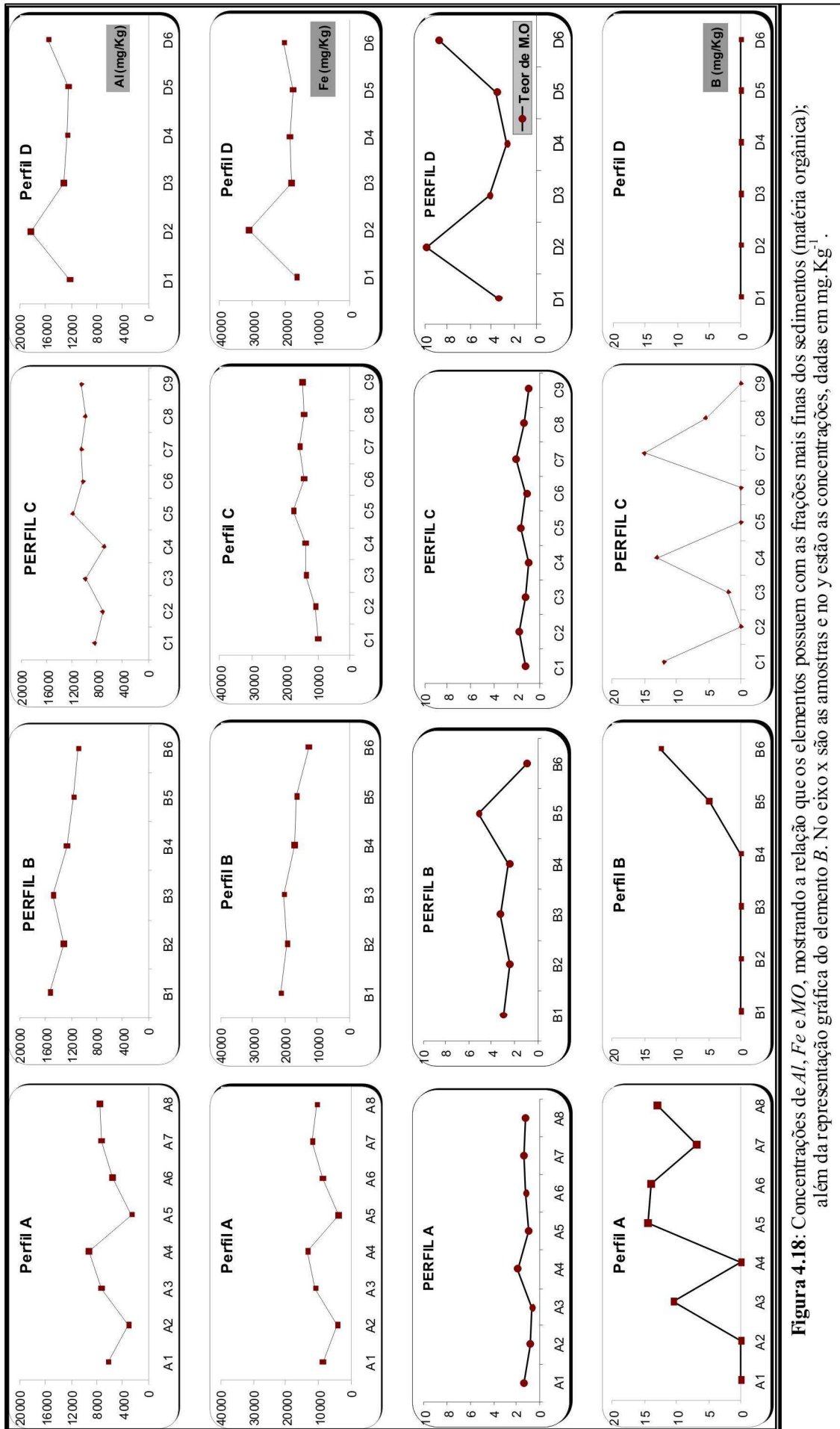


Figura 4.18: Concentrações de *Al*, *Fe* e *MO*, mostrando a relação que os elementos possuem com as frações mais finas dos sedimentos (matéria orgânica); além da representação gráfica do elemento *B*. No eixo x são as amostras e no y estão as concentrações, dadas em $\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$.

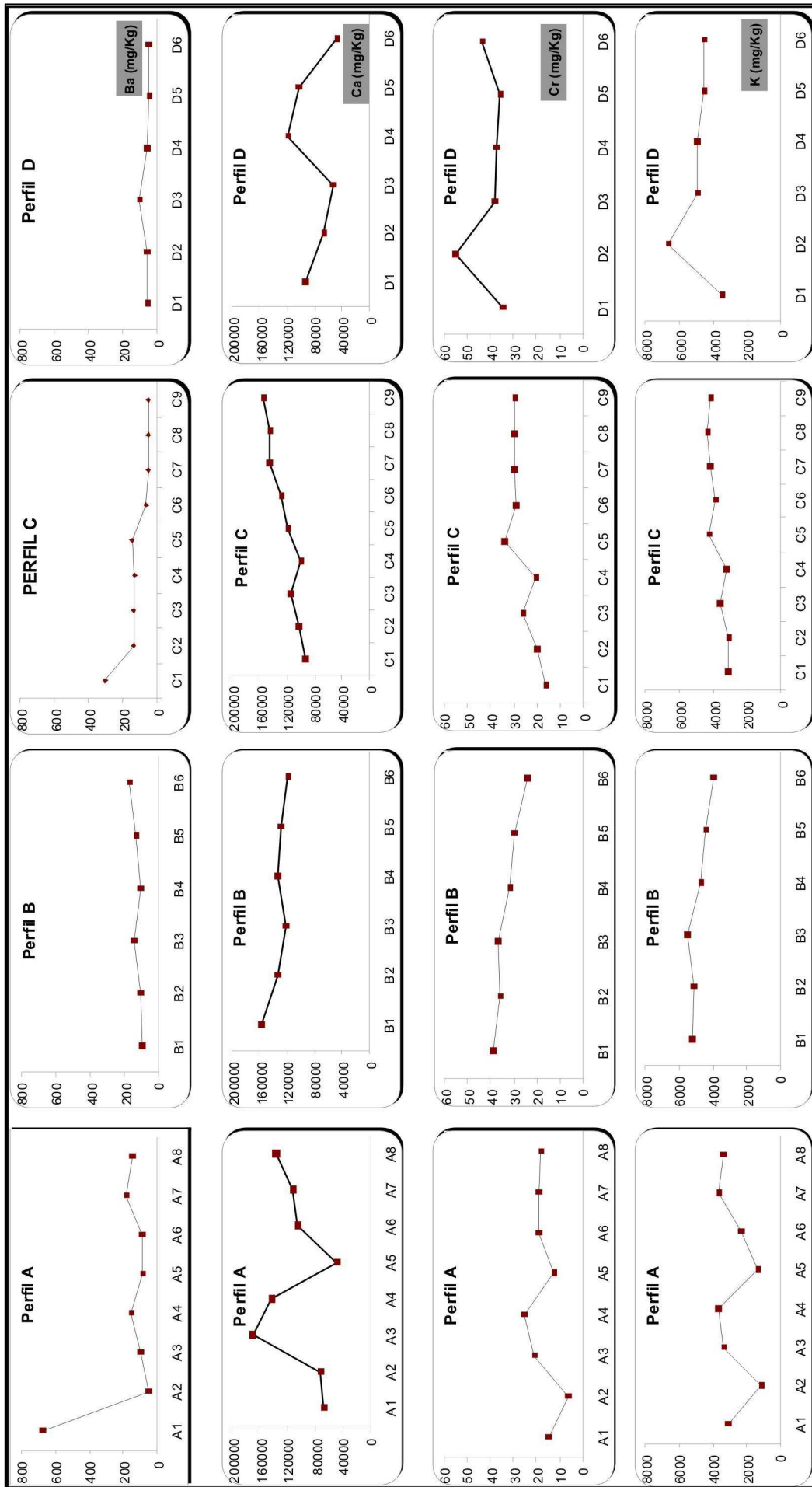


Figura 4.19: Representação gráfica dos elementos Ba, Ca, Cr e K. No eixo x são as amostras e no y estão as concentrações, dadas em mg.Kg⁻¹.

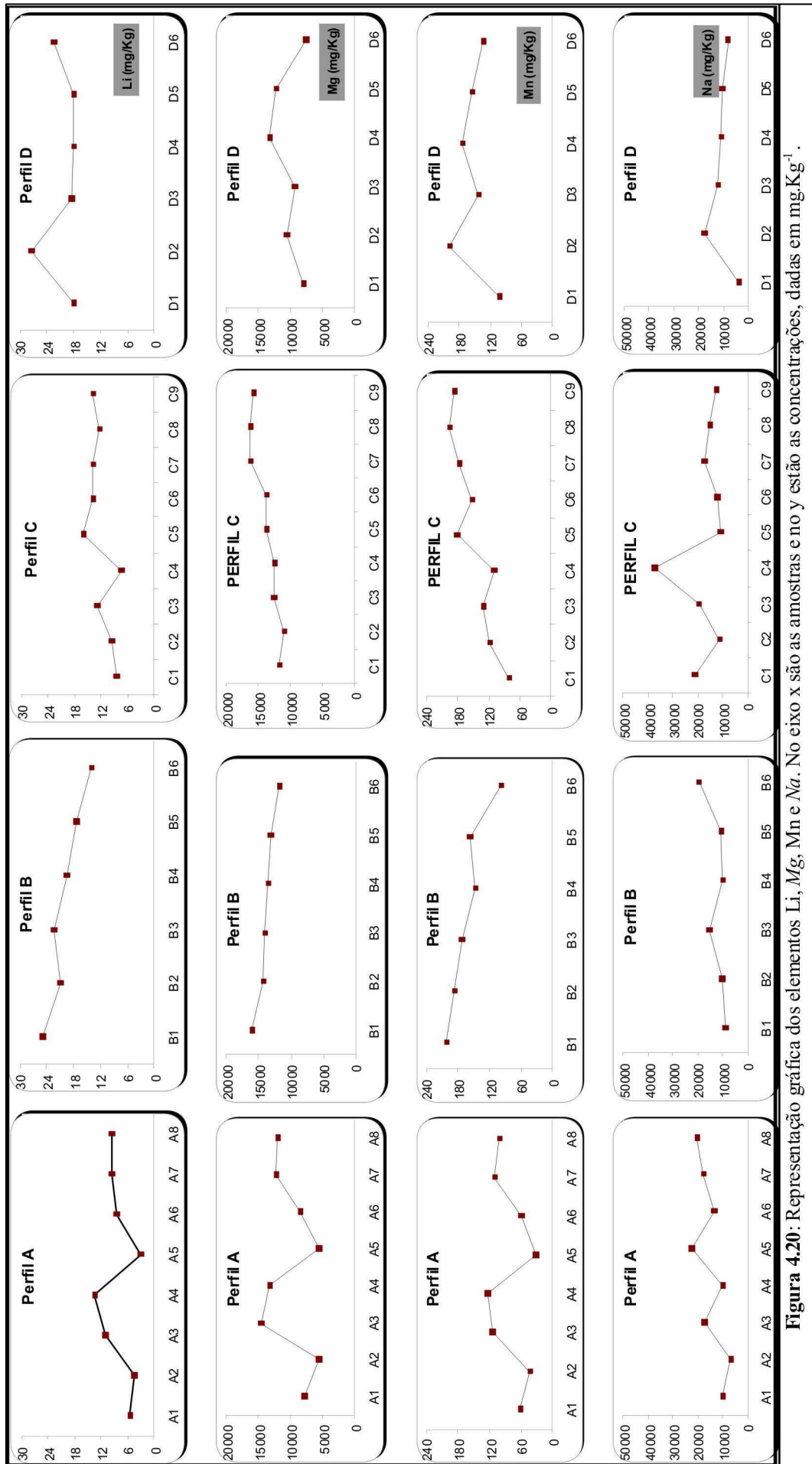


Figura 4.20: Representação gráfica dos elementos Li, Mg, Mn e Na. No eixo x são as amostras e no y estão as concentrações, dadas em mg.Kg⁻¹.

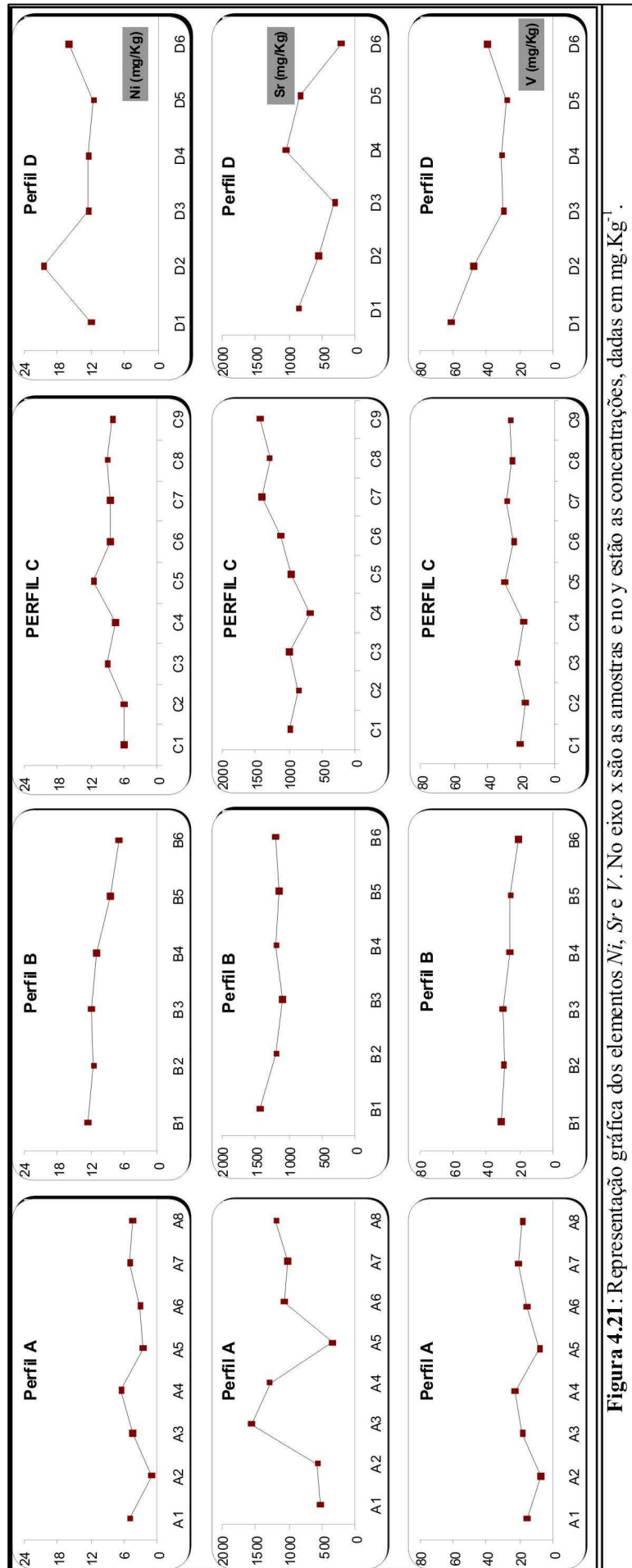


Figura 4.21: Representação gráfica dos elementos Ni, Sr e V. No eixo x são as amostras e no y estão as concentrações, dadas em mg.Kg⁻¹.

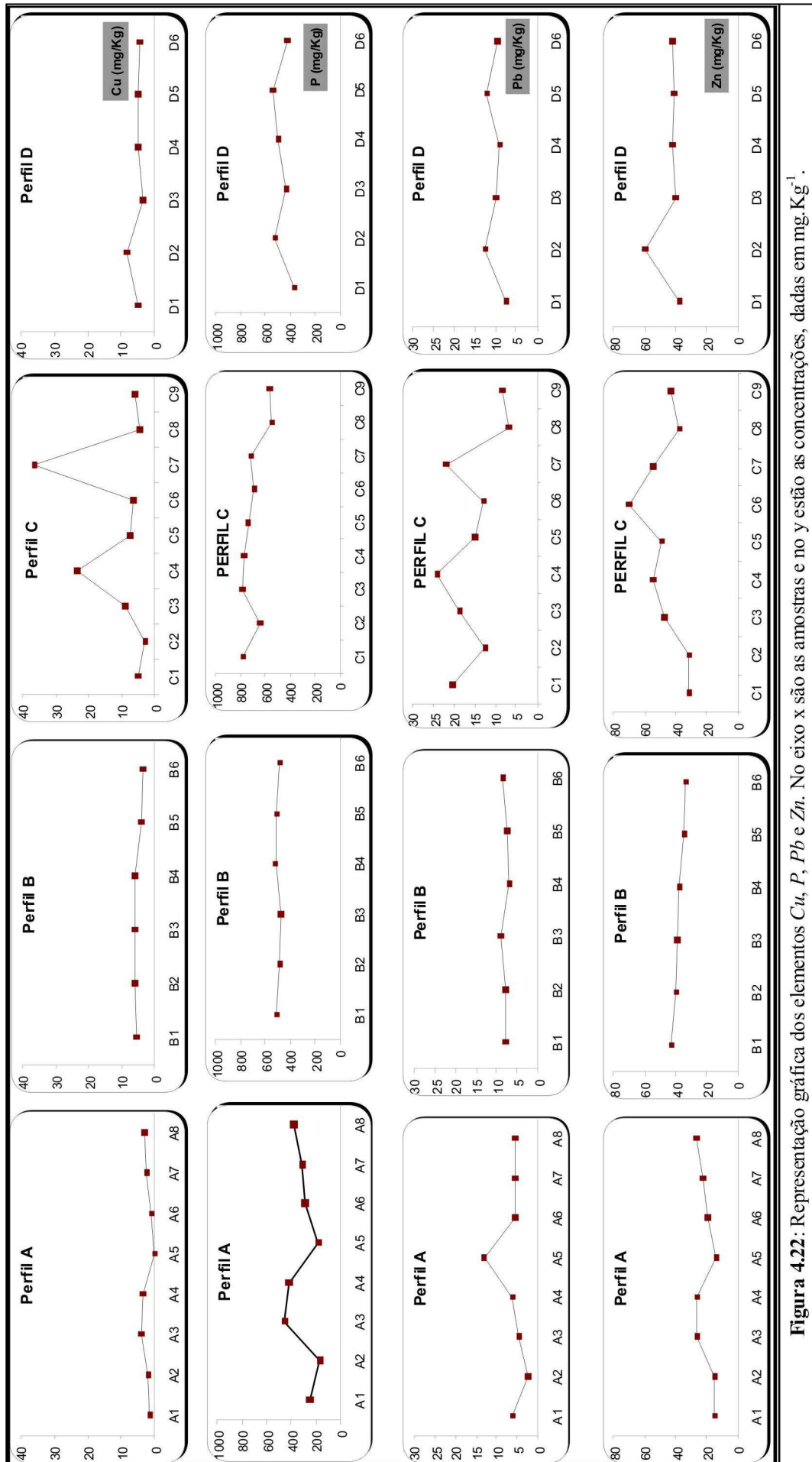


Figura 4.22: Representação gráfica dos elementos Cu, P, Pb e Zn. No eixo x são as amostras e no y estão as concentrações, dadas em mg Kg⁻¹.



Capítulo 5

Conclusões e Recomendações

5.1 - Conclusões

- Os resultados obtidos apontaram a relevância do emprego de técnicas de geoprocessamento, entre elas o processamento digital aplicado às imagens de satélites tais como o Landsat 5 TM e a integração de dados georreferenciados em SIG, como uma valiosa maneira de extrair-se informações destinadas às aplicações em pesquisas geoambientais; além do que, quando associadas aos dados físico-químicos de amostragem *in situ* de solo/sedimento, permitiram a avaliação da eficiência/potencialidade dos bancos areno-lamosos da planície de maré-estuarina da área de estudo ao reflorestamento com espécies de manguezais locais, como prerrogativa na mitigação do efeito erosivo dos processos costeiros sobre as áreas praias nos campos de exploração de petróleo de Serra e Macau;
- Os produtos alcançados por ambas as técnicas (PC e Decorrelação) apresentaram desempenhos significativos no que diz respeito à detecção e discriminação das feições de interesse, proporcionando cores contrastantes e limites entre padrões espectrais bem definidos.
- A estratégia metodológica adotada permitiu estabelecer que, para dezembro/2008, existiam ao menos 10,13 km² de área de bancos areno-lamosos, sendo que desses cerca de 0,89 Km² com a viabilidade de ser empregada no reflorestamento, para a implantação de flora típica do manguezal local. Para ressaltar, esses 0,89 km² são do total de bancos que foram interpretados através das análises físico-químicas, ou seja, o estudo pode ser ampliado em pesquisas futuras para o restante da área em que não foram realizadas coletas de sedimentos;
- Por meio da interpretação visual dos produtos e da análise estatística por principais componentes foi possível destacar a composição colorida RGB R(PC5) G(PC3/PC4) B(Banda 5) do Landsat 5 TM (12/Dezembro/2008), inédita na literatura, como aquela que melhor realçou as diferenças entre as unidades geoambientais, destacando as porções arenosas, lamosas, aquelas recobertas por tapetes algálicos, além da delimitação com maior precisão da geometria dos canais de maré na zona estuarina, o que facilitou o mapeamento temático dessas áreas;
- O material coletado apresenta como característica granulométrica um predomínio de areias nas frações finas, com grau de seleção variando de muito pobre a moderadamente selecionado;

- Os teores de carbonatos e matéria orgânica mostraram maiores quantidades desse último, ocorrendo fortemente correlacionadas com as frações mais finas do sedimento; os valores de carbonatos também foram influenciados pela origem dos sedimentos e a grande presença de crustáceos e algas calcárias, enquanto o aumento proporcional nas concentrações de *MO* foi influenciado (especialmente no perfil D) pela concentração densa de espécies típicas de manguezal;
- O *pH* das amostras de sedimentos analisadas demonstrou um ambiente de caráter alcalino, apresentando um *pH* acima da neutralidade com média de 8,4 e que não demonstrou variabilidade dentro dos perfis, tomando por base seu coeficiente de variação e a análise gráfica;
- A condutividade elétrica obtida a partir do extrato de saturação demonstrou o caráter salino dos bancos areno-lamosos, possivelmente devido à contribuição das águas marinhas; além de distinguir o ambiente como sendo halomórfico (meio concentrado em sais e com valores de *pH* entre 5,0 e 9,6) de acordo com a Embrapa (1999);
- Os elevados teores em cátions trocáveis indicaram, por consequência, altos valores na capacidade de troca catiônica e alta saturação por bases;
- Os elementos maiores, menores e traços apresentaram, de maneira geral, as maiores concentrações onde prevaleceram os sedimentos de granulometria mais fina, ressaltando a alta correlação que estes elementos possuem com as partículas finas, o que justifica a extração ter sido realizada na fração < 0,063 mm; além do que, através dos valores de referência (NOOA e CETESB), verifica-se a inexistência de contaminação por elementos maiores, menores e traços;
- Dessa forma, os bancos areno-lamosos analisados, nesta pesquisa, possuem condições físico-químicas favoráveis à instalação de florestas de manguezal, sendo necessário o monitoramento desde a coleta de sementes, a produção de mudas, transplante ao local de plantio e crescimento da vegetação;
- Por ser uma região onde ocorre retirada e acúmulo constante de sedimentos, além de uma rica biodiversidade e elevada sensibilidade ambiental, estas áreas de manguezal são ecossistemas importantes instalados em zona tropical; deste modo, considera-se que o presente estudo vem somar-se aos estudos para o reconhecimento dos sedimentos das áreas de manguezais do Rio Grande do Norte e contribuir à caracterização adequada dos solos com vistas à restauração e preservação desse ecossistema.

5.2 - Recomendações

- Para a continuação deste estudo, sugere-se que a reconstituição das defesas naturais contra a erosão da área seja colaborada com a produção em viveiro de mudas de espécies típicas de manguezal local, de preferência *Rhizophora mangle* e *Avicenia schaueriana* devido à abundância dessas na região e por serem as mais resistentes aos processos erosivos segundo a literatura (Nascimento, 2009). Essa metodologia em viveiro é, para muitos autores, a que se obtém maior êxito na restauração deste ecossistema. Isso porque nos permite um maior monitoramento dos fatores que controlam o desenvolvimento das espécies, o que leva a uma produção de mudas mais vigorosas e possibilita uma formação de estoques para serem utilizados conforme a necessidade ou de acordo com a melhor época de plantio (Lewis, 1982; Untawale, 1993; Saenger, 1997; Field, 1997);
- Estudos de sucesso são compilados por Nascimento (2009) e revelam a importância do reflorestamento a partir da produção de mudas, como por exemplo, o projeto de *Sustentabilidade para a Costa da Louisiana: Restauração, Proteção e Planejamento da orla*, promovido através do governo americano em parceria junto à comunidade acadêmica do *United States Geological Survey* (USGS). Esse projeto mostra que reflorestar a partir de mudas é a maneira mais eficaz devido às diferenças existentes na elevação do nível do mar. Trata-se da opção mais viável e que mais é desenvolvida no projeto, sendo que a eficácia e o sucesso do mesmo podem depender da escolha da espécie mais adequada às condições geoambientais locais.
- De acordo com o exposto anteriormente, onde temos uma região que ocorrem retiradas e acúmulos de sedimentos constantes, recomenda-se fazer análises físico-químicas (incluindo análise da água) periódicas, preferencialmente de caráter semestral até serem instaladas as mudas da espécie de mangue mais apropriada. Dessa forma, será possível fazer o monitoramento das possíveis variações sazonais que podem ser favorecidas com a presença de períodos chuvosos que carregam partículas em suspensão e que podem precipitar-se no sedimento e acumularem-se com o tempo;
- Dentro das análises físico-químicas, sugere-se que sejam realizadas, de forma sistemática, medições em campo, com aparelhos portáteis, de fatores que podem ser alterados com o transporte e armazenamento das amostras, como por exemplo, o potencial redox (Eh), o pH e a CE;
- Ainda dentro das análises físico-químicas, sugere-se que sejam estabelecidos valores de *backgrounds* para a região, de forma a se ter idéia mais precisa sobre o quanto a presença

antrópica pode influenciar de maneira impactante sobre estes bancos areno-lamosos, que também servirão de referências para trabalhos futuros;

- A realização de uma avaliação biológica é também uma forma de acompanhar esse processo de restauração, ou seja, é preciso monitorar aquelas comunidades biológicas que estão inter-relacionadas e que dão ao ambiente do mangue a sua particular estrutura física.
- Sugere-se que os propágulos para a produção de mudas em viveiro sejam coletados diretamente das árvores-mãe e mensurados (medição de diâmetros de base, centro e ápice, além de comprimento). Esses dados quando comparados com desenvolvimento das mudas (taxas de sobrevivência e de crescimento) poderão identificar se há algum parâmetro morfológico que condicione àqueles propágulos com características propiciadoras de melhor desenvolvimento das mesmas.
- A presença de um canal de maré artificial proveniente da salina Soledade poderá influenciar negativamente no desenvolvimento de espécies de manguezal, mesmo sendo esse ecossistema adaptado a condições adversas de elevada salinidade. Sendo assim, como abordado por Nascimento (2009), essa questão poderia ser passível de ser resolvida com palestras e orientações aos proprietários dessa salina, que se encontra numa área de intenso processo erosivo, colocando em risco tanto a atividade salineira (riscos de inundação) quanto a atividade petrolífera (perda de acesso aos campos).
- É imprescindível também a continuação do monitoramento através do uso de imagens de sensoriamento remoto; pois como citado ao longo de todo o texto, com a existência de sensibilidade e vulnerabilidade que variam de média a alta na área, se torna necessário o monitoramento dessa superfície em escala de detalhe, de maneira que tenhamos um banco de imagens que possam contribuir com a observação da evolução dos bancos e da vegetação de manguezal existente, bem como a vegetação a ser implantada. Podem ser utilizadas também, na medida em que possa ser viável, o monitoramento a partir de fotografias aéreas, com o objetivo de acompanhar mudanças morfológicas detalhadas.



13 8:26

Referências Bibliográficas

6. Referências bibliográficas

- ALMEIDA, F. F. M.; HASSUI, Y.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A. Províncias Estruturais Brasileiras. *In: SGB, Simpósio de Geologia do Nordeste, 2, Campina Grande/PB, Anais*, p 242 – 258. 1977.
- ALONGI, D. M. *Present state and future of the world's mangroves forests*. *Environmental Conservation* 29: 331-349. 2002.
- ANGELIM, L.A.A.; NESI, J.R.; TORRES, H.H.F.; MEDEIROS, V.C.; SANTOS, C.A.; VEIGA JÚNIOR, J.P.; MENDES, V.A. 2006. Geologia e recursos minerais do Estado do Rio Grande do Norte - Escala 1:500.000. Recife: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2006. 119 p.
- ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. 2008. Brasil Round 10 - Décima rodada de licitações. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.brasilrounds.gov.br>. Acesso em 23/02/2009.
- ARARIPE, P. T. & FEIJÓ, F. 1994. *Bacia Potiguar*. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, 8 (1): 127-141.
- ARAÚJO, A.G. *Avaliação da poluição por metais pesados no estuário do Rio Potengi – Natal/RN*. 2005. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Centro de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN.
- BARRETO, M. S. B.; ALVES, J. P. H.; PASSOS, E. A. GARCIA, C. A. B. Relação C:N e identificação da origem da matéria orgânica em sedimentos. *In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*, nº 30, 2007, Águas de Linóia, SP.
- BARROS Jr., L. M. *Biosorção de metais pesados presentes em águas de produção da indústria do petróleo*. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN.
- BARROS PEREIRA, R. B. *Integração de dados multisensores (Óticos e Radar) para o mapeamento de unidades geoambientais e de uso e ocupação do solo na região de Macau e Porto do Mangue/RN*. 2008. Monografia de Graduação, Departamento de Geologia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal-RN.
- BEZERRA, L. J. C. *Caracterização dos tabuleiros pré-litorâneos do estado do Ceará*. 2009. 144 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- BRASIL – Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. 1981. *Projeto RADAMBRASIL. Folhas SB 24/25 Jaguaribe/Natal; Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra*. Rio de Janeiro-RJ. 744p.

- CAMARGO, L. P. *Proposta de Zoneamento Ambiental para os Manguezais do Rio Ratoes, Saco Grande e Rio Tavares, Ilha de Santa Catarina Através do Geoprocessamento como Subsídio ao Gerenciamento Costeiro (GERCO) de Santa Catarina*. 2001. 220 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina, PPGEA, DESA, Florianópolis - SC.
- CAMARGOS, S. L. *Interpretação de análise de solo*. Departamento de Solos e Engenharia Rural: Disciplina Solos II. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá - MT. 2005. 11 p.
- CARREIRA, R. S.; WAGENER, A. L. R. Caracterização da matéria orgânica sedimentar na Baía de Guanabara através de marcadores moleculares. *Anuário do instituto de Geociências – UFRJ*, vol. 26, 2003.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2005. Decisão de diretoria nº 195-2005- E, de 23 de novembro de 2005. Dispõe sobre a aprovação dos Valores orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2005, em substituição aos Valores Orientadores de 2001, e dá outras providências.
- CHAVES, M. S. *Dinâmica costeira dos campos petrolíferos Macau/Serra, litoral setentrional do estado do Rio Grande do Norte*. 2005. 117 f. Doutorado (Doutorado em Geodinâmica e Geofísica) – Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN.
- CHAVES, M.S.; VITAL, H.; SILVEIRA, I.M. 2006. Beach morphodynamics of the Serra oil field, northeastern Brazil. *Journal of Coastal Research*, SI 39. p. 594-597.
- CHEN, W. *Modeling trace element mass balance in cropland soils*. 2005. 252 f. (PhD Thesis)-California University, Riverside. USA
- CITRÓN, G & SCHAEFFER-NOVELLI, Y. *Introducción a la ecología del manglar*. San Juan, Rostlac, 1983. 109p.
- CLARK, J.R. *Marine pollution*. 5ª ed. Oxford University Press, Oxford. 237 p. 2001.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. *RESOLUÇÃO CONAMA Nº 004, de 18/09/1985* – Regulamenta as Reservas Ecológicas mencionadas no Artigo 18 da Lei nº 6.938/81, bem como as estabelecidas de acordo com o que preceitua o Artigo 1º do Decreto nº 89.336/84.
- DUKE, N. C.; BALL, M. C. ELLISON, J. C. *Factors influencing biodiversity and distributional gradients in mangroves*. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 7: 27-47. 1998.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Espírito Santo*. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1978. 379p. (Boletim Técnico, 45)
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Procedimentos normativos de levantamentos de pedológicos*. Brasília, 1995. 101 p.

- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análises de solo*. 2ª Ed. rev. atual. - Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Análises químicas para avaliação da fertilidade do solo*. Métodos usados na Embrapa Solos. 1998. 44p. (Documentos Nº 3).
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999. 412p.
- FLORENZANO, T. *Imagens de satélite para estudos ambientais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97 p.
- FIELD, C. *La Restauracion de Ecosistemas de Manglar*. Tradução de David B. Traumann. Sociedade Internacinal para Ecosistemas de Manguezais - ISME. Nicarágua: Arte, 1997. 280 p.
- FOLK, R.L. & WARD, W.C. Brazos River bar, a study in significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, v.27, n.1: p.3-26, 1957.
- GARBADO, I. T. *Caracterização química e toxicológica da água produzida descartada em plataformas de óleo e gás na costa brasileira e seu comportamento dispersivo no mar*. 2007. 250 f. Tese (Doutorado em Química) – Programa de Pós-graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN.
- GARLIPP, A. B. *Variação espacial e sazonal de elementos maiores e traços no estuário do Rio Curimataú (RN), através de dados geoquímicos e de sensoriamento remoto*. 2006. 166 f. Tese (Doutorado em Geodinâmica e Geofísica) – Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN.
- GUIMARÃES, A. K. V. *Extração do óleo e caracterização dos resíduos da borra de petróleo para fins de reuso*. 2007. 157 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN.
- HERZ, R. 1991. *Manguezais do Brasil*. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. São Paulo, 227 p.
- HUBER, M. V. *Estudo comparativo de três projetos de restauração em áreas degradadas de manguezais da Grande Florianópolis/ SC*. 2004. 273 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.
- IBAMA, 1992. Mapa de vegetação lenhosa do estado do Rio Grande do Norte. Folha Macau. SB-24-X-D-11, escala 1:100.000.
- IDEMA – Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do RN. 1999. *In: Informativo Municipal – Macau*. Natal-RN, v. 05, p. 1-14.
- IDEMA – Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do RN. 2002. *Diagnóstico e vulnerabilidade ambiental dos estuários do litoral norte e seus entornos*.

- Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente – IDEMA. Projeto de Zoneamento Ecológico-econômico dos estuários do Rio Grande do Norte e dos seus entornos, SUGERCO/IDEMA, Natal/RN. Relatório Final.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Gráficos meteorológicos (2008). Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/html/observacoes.php?lnk=Gráficos>>. Acesso em: 10 de Fevereiro de 2009.
- JESUS, E. A. *Caracterização da matéria orgânica como subsídio ao estudo da formação de horizonte superficial em solos sob cultivo mínimo de eucalipto*. 2009. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais.
- KJERFVE, B & LACERDA, L. A. 1993. Mangroves of Brazil. In: p: 245-272, L. D. Lacerda (ed.) *Conservation and Sustainable Utilization of Mangrove Forests in Latin America and Africa Regions. Part I. Latin America*. ITTO/ISME, Okinawa.
- KOMAR, P. D. 1998. *Beach process and sedimentation*. 2 ed. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 544 p.
- LACERDA, L.D. (1998). Trace Metals Biogeochemistry and Diffuse Pollution in Mangrove Ecosystems. Okinawa: ISMR. Mangrove Ecosystems Occasional Papers, 2. 65p.
- LACERDA, L. D & MARINS, R. V. Geoquímica de sedimentos e monitoramento de metais na plataforma continental nordeste oriental do Brasil. *Geochemica Brasiliensis*, 20(1)123-135, 2006.
- LANI, J. L. *Deltas dos rios Doce e Itapemirim; solos, com ênfase nos Tiomórficos, água e impacto ambiental do uso*. 1998. 169 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG.
- LEWIS, R.R. 1982. Low marshes, peninsular Florida. In: R.R. LEWIS (ed.), *Creation and restoration of coastal plant communities*. Boca Raton, CRC Press, p. 147-154.
- LIMA, A. A. C., OLIVEIRA, F. N. S., AQUINO, A. R. L. Classificação e aptidão agrícola dos solos do Campo Experimental de Pacajus, Ceará, para a fruticultura - Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 20 f. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 53).
- MAIA, L. P.; LACERDA, L. D.; MONTEIRO, L. H. U.; SOUZA, G. M. *Estudo das áreas de manguezais do Nordeste do Brasil. Avaliação das áreas de manguezais dos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco*. Universidade Federal do Ceará. Instituto de Ciências do Mar. Fortaleza, 56 p., 2005.
- MIDDLETON, G. V. (ed.) 2003. *Encyclopedia of Sediments and Sedimentary Rocks*. Series: Encyclopedia of Earth Sciences Series. 928 p., Hardcover. ISBN: 978-1-4020-0872-6
- MIRANDA, F. M. 1983. Geologia da área de Macauzinho, Litoral Norte do estado do Rio Grande do Norte. Monografia de Graduação, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 168p.

MOURA, M. C. P. A. *Utilização de microemulsões como agentes modificadores de superfície para remoção de íons metálicos*. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN.

NASCIMENTO, A. R. *Avaliação do desempenho do método de determinação de TPH (Total Petroleum Hydrocarbon) em areia por detecção no infravermelho*. 2003. 108 f. Dissertação (Mestrado em Metrologia para Qualidade Industrial). Centro Científico, Programa de Pós-graduação em Metrologia para Qualidade Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

NASCIMENTO, L. A. *Diagnóstico da possível influência da atividade petrolífera em sedimentos de fundo da bacia Piranhas-Açu, região Baixo Açu/RN*. 2008. 124 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Petróleo) – Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Petróleo. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal-RN.

NASCIMENTO, M. C. *A erosão costeira e sua influencia sobre a atividade petrolífera: Alternativas sustentáveis na mitigação de impactos ambientais*. 2009. 222 f. Dissertação (Mestrado em Geofísica e Geodinâmica). Programa de Pós-graduação de Geofísica e Geodinâmica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN.

NATRONTEC. 1998. *Estudo de Impacto Ambiental para a implantação do pólo Gás-sal no município de Macau-RN*. Diagnóstico, Análise de Impactos e Programa de Gestão Ambiental, Relatório Final. Rio de Janeiro/Natal.

NEVES, A. M. A. *Avaliação da concentração de metais pesados e hidrocarbonetos no solo do campo de petróleo fazenda Belém nos municípios de Aracati e Icapuí no Estado do Ceará*. 2008. 141 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Geologia Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration, *Screening quick Reference Tables*. Seattle USA, 12p., 1999.

OLIVEIRA *et al.* Caracterização dos ecossistemas costeiros dos Estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí. 70 f. Natal/RN. 1999

PESSOA NETO, O.C.; SOARES, U.M.; SILVA, J.G.F.; ROESNER, E.H.; FLORÊNCIO, C.P.; SOUZA, C.A.V. 2007. Bacia Potiguar. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 15, n.2, p. 357-369.

POZEBON, D., LIMA, E.C., MAIA, S.M., FACHEL, J.M.G. (2005) Heavy metals contribution of non-aqueous fluids used in offshore oil drilling. Fuel 84: 53-61

RIBEIRO, A. P. *Determinação de metais pesados e outros elementos de interesse em sedimentos lacustres da estação de tratamento de esgoto de Barueri, São Paulo, por ativação neutrônica*. 2002. 85 f. São Paulo. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Aplicações) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.

SAENGER, P. Restauración de manglares en Australia: Estudio de caso del Aeropuerto Internacional de Brisbane. In: FIELD, Colin. **La Restauracion de Ecosistemas de Manglar**. Trad. de David B. Traumann. Sociedad Internacinal para Ecosistemas de Manglar - ISME.

ed. Arte, p. 37-54. 1997.

SANTOS, A.R.L.; JUNIOR, G.M.; SEGUNDO, J.E.A.G. Concentração de metais pesados em frações granulométricas de sedimentos de fundo do Rio Pitimbú, região sul da Grande Natal (RN): implicações para levantamentos ambientais. *Revista de geologia*, v.15, p. 01-08, 2002.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Manguezais brasileiros. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1991. 42p. (Tese de Livre Docência).

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. *Manguezal – Ecosystema entre a terra e o mar*. São Paulo. Caribbean Ecological Research. 1995. 64p.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. *Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha*. São Paulo: USP, Instituto Oceanográfico. 1999. 56 p.

SILVA, F. N. *Crescimento e produção da soja em função de fontes e doses de fósforo e aporte de elementos-traço no sistema solo-planta por fertilizantes fosfatados*. 2006. 127 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais.

SIQUEIRA, J. O.; SOARES, C. R. F. S.; SILVA, C. A. Matéria orgânica em solos de áreas degradadas. In: SANTO, G. A.; SILVA, L. S; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2. ed. Porto Alegre: Gênese, 2008. p. 495-520.

SOARES, U.M.; ROSSETTI, E.L.; CASSAB, R.C.T. 2003. Bacias sedimentares brasileiras: Bacia Potiguar. Fundação Paleontológica Phoenix, Aracajú 2003. (Série Bacias Sedimentares, ano 6, n. 36).

SOUTO. M. V. S. *Análise multitemporal dos elementos geoambientais da dinâmicas costeira da ponta do Tubarão, Macau-RN, com base em produtos de sensoriamento remoto e SIG*. 2002. 67 f. Relatório de Graduação, Departamento de Geologia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal-RN.

SOUTO. M. V. S. *Análise multitemporal dos elementos geoambientais da região da Ponta do Tubarão, área de influência dos campos petrolíferos de Macau e Serra, município de Macau-RN*. 2004. 112 f. Dissertação (Mestrado em Geofísica e Geodinâmica). Programa de Pós-graduação de Geofísica e Geodinâmica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN.

SOUZA, I. E. S., *Caracterização sedimentológica e hidrodinâmica da Praia do Minhoto - Guamaré/RN: Área de atividade petrolífera*. 2009. 98 f. Relatório de Graduação, Departamento de Geologia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal-RN.

SOUZA, Z.S.; VASCONCELOS, P.M.; NASCIMENTO, M.A.L.; SILVEIRA, F.V.; PAIVA, H.S.; SILVEIRA DIAS, L.G.; VIEGAS, M.C.D.; GALINDO, A.C.; OLIVEIRA, M.J.R. 2004. Geocronologia e geoquímica do magmatismo cretácico e terciário do NE do Brasil. In: SBG, 42º Congresso Brasileiro de Geologia, Resumos, 1 CD-ROM.

SPALDING, M. D., BLASCO, F. & FIELD, C. D. 1997. *World Mangrove Atlas*. The International Society for Mangrove Ecosystems, Okinawa, Japão. 178 p.

SUDENE, 1971. *Levantamento exploratório – Reconhecimento de solos do Rio Grande do Norte*: Série, Pedologia, 9, Recife-PE. 531 + Anexo: Mapa exploratório – Reconhecimento de solos do Rio Grande do Norte, 1968, 1:500.000.

SUGUIO, K. Dicionário de geologia marinha. São Paulo, T. A. Queiroz, 1992. 171p.

SWAN, J. M.; NEFF, J. M. & YOUNG, P. C. (eds), 1994. Environmental implications of offshore oil and gas development in Australia – The findings of an independent scientific review. Australian Petroleum Exploration Association, Sydney. 696p.

THOMAS, J. E. (organizador) Fundamentos de Engenharia de Petróleo. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 2001.

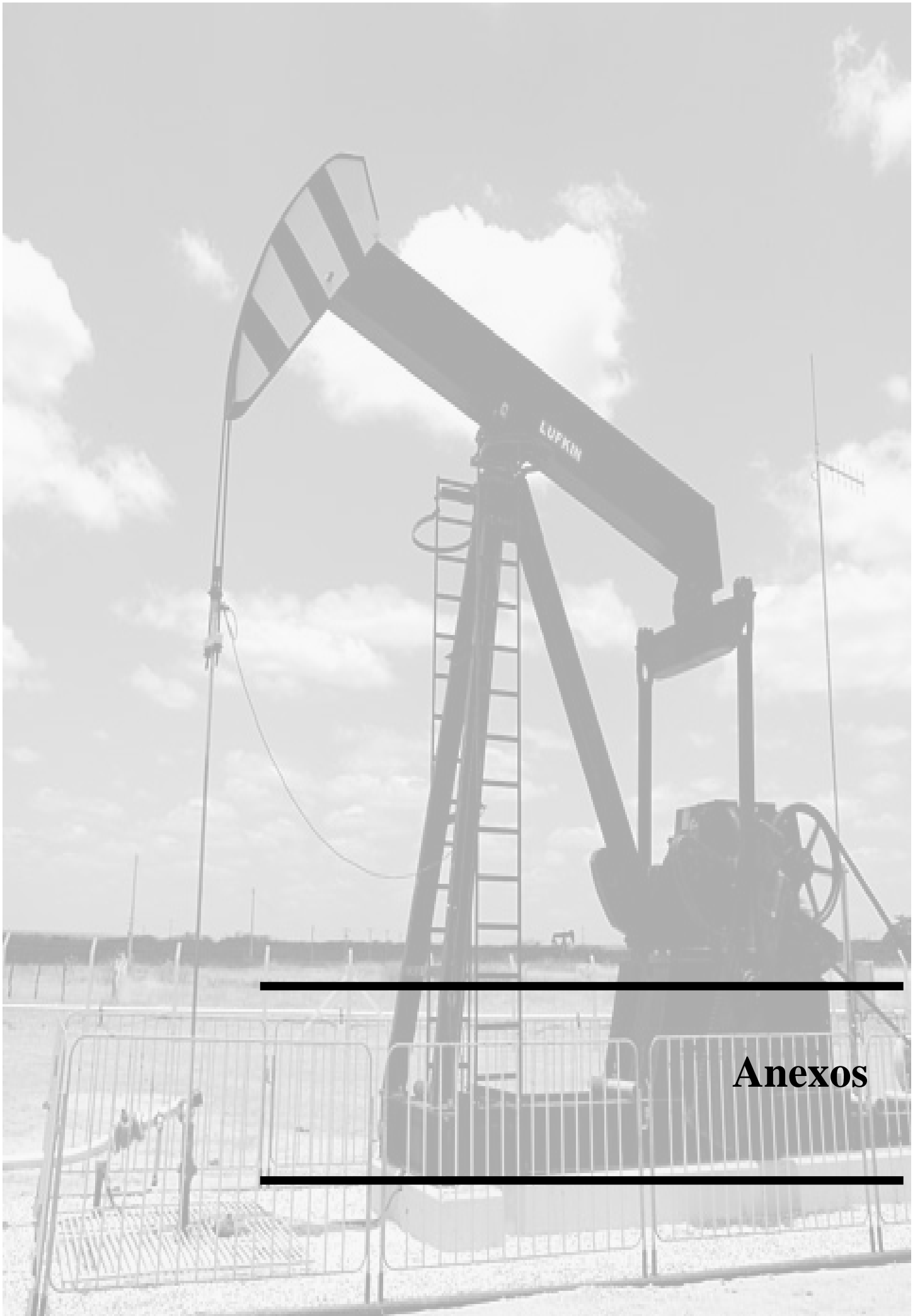
TORRES, H. H. F. 1994. *Metodologia para Estudos Neotectônicos Regionais, o Caso de João Câmara*. Série Publicações Especiais da CPRM. v2. pp. 7-45.

UNTAWALE, A G. Development of an intertidal mangrove nursery and afforestation techniques along the Indian coast. In: H. Lieth y A.Al. Masoom (eds.) *Towards the Rational Use of High Salinity Tolerant Plants*. Kluwer Academic Publishers, Holanda, 1993. Vol. 1. p.371-378.

VALENTIM DA SILVA, D. R. *A paisagem costeira nas adjacências da foz do Rio Assu (RN), a partir de imagens orbitais óticas e de radar*. 2009. 91 f. Monografia de Graduação, Departamento de Geologia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal-RN.

VITAL, H. 2009. *The mesotidal barrier of Rio Grande do Norte*. In: Dillemburg, S. e Hesp, P. (eds.), *Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil*, Springer-Verlag, Berlin, Germany. (ISBN: 9783540250081). p. 289-324.

ZEECAL. Projeto de Zoneamento Ecológico-Econômico e Plano Estadual de Gestão e Desenvolvimento Sustentável da Zona Costeira do Estado de Alagoas. Universidade Federal de Alagoas (UFAL)/Fundação Universitária de Desenvolvimento, Pesquisa e Extensão (FUNDEPES). Ministério da Integração Nacional (MIN) e Instituto Interamericano de cooperação para a Agricultura (IICA), Maceió, 2003.



Anexos

ANEXO 1: Coordenadas geográficas (dadas em UTM) dos pontos de coletas.

Pontos Coleta	Tipo Amostra	Coordenadas			Pontos Coleta	Tipo Amostra	Coordenadas	
		X	Y				X	Y
A1	I	773460	9437140		C2	I	776536	9437942
	F	773699	9437200				F	776679
A2	I	773737	9437212		C3	I	776841	9437930
	F	773892	9437244				F	777282
A3	I	773920	9437265		C4	I	777808	9438124
	F	774106	9437311				F	777869
A4	I	774184	9437525		C5	I	777945	9438096
	F	774439	9437246				F	777985
A5	I	774485	9437207		C6	I	778107	9438072
	F	774650	9437299				F	778242
A6	I	774668	9437308		C7	I	778377	9438022
	F	774718	9437340				F	778377
A7	I	774740	9437355		C8	I	778384	9438008
	F	774835	9437407				F	778481
A8	I	774856	9437438		C9	I	778474	9437966
	F	774931	9437498				F	778758
B1	I	774918	9437480		D1	A	779425	9438006
	F	774953	9437578					
B2	I	774960	9437588		D2	A	779548	9438112
	F	774966	9437616					
B3	I	775087	9437710		D3	A	779989	9438199
	F	775249	9437730					
B4	I	775393	9437726		D4	A	780187	9438179
	F	775513	9437738					
B5	I	775616	9437722		D5	A	780290	9438127
	F	775905	9437696					
B6	I	775931	9437714		D6	A	780386	9438112
	F	776089	9437842					
C1	I	776250	9437920					
	F	776311	9437936					

OBS.: I: Ponto inicial da amostra composta;

F: Ponto final de cada amostra composta;

A: Amostra simples

ANEXO 2: Dados quantificados pós-peneiramento para obtenção da extração total dos elementos químicos.

AMOSTRA	Peso inicial	Fração < 0,063 mm -----g-----
A1	118,785	8,131
A2	103,244	2,795
A3	118,734	2,714
A4	74,722	6,387
A5	236,552	0,968
A6	99,507	3,312
A7	157,608	4,571
A8	230,338	4,591
B1	101,363	10,294
B2	118,796	9,647
B3	132,997	5,656
B4	135,345	8,734
B5	126,756	11,768
B6	144,601	4,556
C1	118,977	3,458
C2	101,918	4,338
C3	120,723	3,959
C4	235,187	1,499
C5	105,183	5,904
C6	103,993	5,443
C7	114,454	5,881
C8	139,744	10,458
C9	110,236	8,219
D1	129,112	8,718
D2	52,798	7,021
D3	200,808	12,332
D4	75,722	4,316
D5	111,619	10,223
D6	53,883	5,584

ANEXO 3 : Estatística da imagem LANDSAT de 12/Dezembro/2008.

STATISTICS FOR DATASET: LANDSAT 5 TM 20081212 215 064 area de estudo.ers						
REGION: All						
	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Non-Null Cells	237160	237160	237160	237160	237160	237160
Area In Hectares	21344.400	21344.400	21344.400	21344.400	21344.400	21344.400
Area In Acres	52743.165	52743.165	52743.165	52743.165	52743.165	52743.165
Minimum	57.000	19.000	13.000	1.000	0.000	0.000
Maximum	255.000	226.000	255.000	221.000	255.000	255.000
Mean	122.894	63.241	67.331	58.368	84.397	46.935
Median	110.000	53.000	44.000	48.000	38.000	14.000
Std. Dev.	38.809	27.657	44.640	49.165	87.529	53.700
Std. Dev. (n-1)	38.809	27.657	44.640	49.165	87.530	53.700
Corr. Eigenval.	5.405	0.481	0.072	0.026	0.010	0.005
Cov. Eigenval.	15959.182	973.125	198.547	56.461	33.352	5.426
Correlation Matrix	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	1.000	0.982	0.933	0.756	0.748	0.804
Band2	0.982	1.000	0.967	0.802	0.781	0.839
Band3	0.933	0.967	1.000	0.909	0.889	0.924
Band4	0.756	0.802	0.909	1.000	0.952	0.939
Band5	0.748	0.781	0.889	0.952	1.000	0.982
Band6	0.804	0.839	0.924	0.939	0.982	1.000
Determinant	0.000					
Corr. Eigenvectors	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	0.394	-0.551	0.167	0.649	0.055	0.297
Band2	0.406	-0.469	-0.060	-0.304	0.054	-0.719
Band3	0.425	-0.148	-0.220	-0.553	-0.358	0.561
Band4	0.405	0.387	-0.739	0.282	0.239	-0.064
Band5	0.405	0.457	0.359	0.212	-0.630	-0.237
Band6	0.415	0.310	0.496	-0.235	0.642	0.139
Inv. of Corr. Ev.	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	0.394	0.406	0.425	0.405	0.405	0.415
Band2	-0.551	-0.469	-0.148	0.387	0.457	0.310
Band3	0.167	-0.060	-0.220	-0.739	0.359	0.496
Band4	0.649	-0.304	-0.553	0.282	0.212	-0.235
Band5	0.055	0.054	-0.358	0.239	-0.630	0.642
Band6	0.297	-0.719	0.561	-0.064	-0.237	0.139
Covariance Matrix	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	1506.116	1053.550	1615.926	1442.953	2541.077	1676.391
Band2	1053.550	764.915	1194.424	1089.937	1890.382	1246.241
Band3	1615.926	1194.424	1992.730	1993.980	3474.124	2215.080
Band4	1442.953	1089.937	1993.980	2417.222	4094.713	2479.480
Band5	2541.077	1890.382	3474.124	4094.713	7661.424	4617.831
Band6	1676.391	1246.241	2215.080	2479.480	4617.831	2883.686
Determinant	31507977114835.383					
Cov. Eigenvectors	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	0.258	-0.656	-0.195	-0.500	0.374	0.274
Band2	0.191	-0.429	-0.013	0.099	-0.121	-0.869
Band3	0.336	-0.404	0.191	0.390	-0.612	0.400
Band4	0.376	0.119	0.859	-0.086	0.314	-0.043
Band5	0.683	0.448	-0.292	-0.388	-0.304	-0.069
Band6	0.421	0.085	-0.321	0.656	0.529	0.056
Inv. of Cov. Ev.	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	0.258	0.191	0.336	0.376	0.683	0.421
Band2	-0.656	-0.429	-0.404	0.119	0.448	0.085
Band3	-0.195	-0.013	0.191	0.859	-0.292	-0.321
Band4	-0.500	0.099	0.390	-0.086	-0.388	0.656
Band5	0.374	-0.121	-0.612	0.314	-0.304	0.529
Band6	0.274	-0.869	0.400	-0.043	-0.069	0.056

ANEXO 4: Estatística da imagem LANDSAT 5-TM de 19/Junho/2008.

STATISTICS FOR DATASET: LANDSAT_5_2008_06_19_215_064 AREA DE TRABALHO.ers						
REGION: All						
	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Non-Null Cells	322152	322152	322152	322152	322152	322152
Area In Hectares	28993.680	28993.680	28993.680	28993.680	28993.680	28993.680
Area In Acres	71644.949	71644.949	71644.949	71644.949	71644.949	71644.949
Minimum	49.000	15.000	2.000	0.000	0.000	0.000
Maximum	255.000	188.000	222.000	168.000	255.000	253.000
Mean	94.741	43.768	40.636	44.153	51.539	27.114
Median	84.000	34.000	24.000	31.000	21.000	8.000
Std. Dev.	34.888	24.372	36.342	40.566	62.018	37.301
Std. Dev. (n-1)	34.888	24.372	36.342	40.566	62.019	37.301
Corr. Eigenval.	5.331	0.555	0.069	0.033	0.007	0.005
Cov. Eigenval.	9035.968	799.585	119.764	41.132	14.721	4.052
Correlation Matrix	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	1.000	0.972	0.941	0.593	0.787	0.872
Band2	0.972	1.000	0.987	0.693	0.853	0.919
Band3	0.941	0.987	1.000	0.759	0.892	0.940
Band4	0.593	0.693	0.759	1.000	0.925	0.846
Band5	0.787	0.853	0.892	0.925	1.000	0.975
Band6	0.872	0.919	0.940	0.846	0.975	1.000
Determinant	0.000					
Corr. Eigenvectors	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	0.397	-0.504	-0.007	0.728	0.012	-0.241
Band2	0.417	-0.342	-0.251	-0.210	0.023	0.776
Band3	0.424	-0.203	-0.331	-0.569	0.092	-0.581
Band4	0.367	0.684	-0.520	0.278	-0.223	0.017
Band5	0.416	0.335	0.430	0.012	0.727	0.045
Band6	0.426	0.090	0.610	-0.158	-0.643	-0.015
Inv. of Corr. Ev.	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	0.397	0.417	0.424	0.367	0.416	0.426
Band2	-0.504	-0.342	-0.203	0.684	0.335	0.090
Band3	-0.007	-0.251	-0.331	-0.520	0.430	0.610
Band4	0.728	-0.210	-0.569	0.278	0.012	-0.158
Band5	0.012	0.023	0.092	-0.223	0.727	-0.643
Band6	-0.241	0.776	-0.581	0.017	0.045	-0.015
Covariance Matrix	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	1217.160	826.788	1193.529	839.214	1702.226	1134.793
Band2	826.788	593.995	874.429	685.498	1289.519	835.648
Band3	1193.529	874.429	1320.761	1118.811	2009.923	1274.511
Band4	839.214	685.498	1118.811	1645.622	2325.980	1279.443
Band5	1702.226	1289.519	2009.923	2325.980	3846.301	2255.505
Band6	1134.793	835.648	1274.511	1279.443	2255.505	1391.382
Determinant	2123018724505.634					
Cov. Eigenvectors	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	0.318	0.594	0.117	0.701	-0.018	0.201
Band2	0.237	0.315	0.200	-0.155	-0.051	-0.882
Band3	0.363	0.344	0.369	-0.643	-0.141	0.425
Band4	0.383	-0.581	0.645	0.219	0.229	-0.011
Band5	0.644	-0.298	-0.478	0.032	-0.517	-0.018
Band6	0.388	0.066	-0.408	-0.147	0.811	0.015
Inv. of Cov. Ev.	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	0.318	0.237	0.363	0.383	0.644	0.388
Band2	0.594	0.315	0.344	-0.581	-0.298	0.066
Band3	0.117	0.200	0.369	0.645	-0.478	-0.408
Band4	0.701	-0.155	-0.643	0.219	0.032	-0.147
Band5	-0.018	-0.051	-0.141	0.229	-0.517	0.811
Band6	0.201	-0.882	0.425	-0.011	-0.018	0.015

ANEXO 5: Valores de referência adotados para se fazer analogia com os resultados obtidos.

Elemento	CETESB		NOAA		
	Referência	Intervenção	TEL	ERL	AET
Al *	—	—	—	—	1,8
B **	—	—	—	—	—
Ba **	75	300 < x > 750	130	—	48
Ca *	—	—	—	—	—
Cr **	40	150 < x > 400	52,3	81	62
Cu **	35	200 < x > 600	18,7	34	390
Fe *	—	—	—	—	22
K *	—	—	—	—	—
Li **	—	—	—	—	—
Mg *	—	—	—	—	—
Mn **	—	—	—	—	260
Na *	—	—	—	—	—
Ni **	13	70 < x > 130	15,9	20,9	110
P *	—	—	—	—	—
Pb **	17	180 < x > 900	30,24	46,7	400
Sr **	—	—	—	—	—
V **	275	—	—	—	57
Zn **	60	4500 < x > 2000	124	150	410

* Valores dados em %

**Valores dados em mg.Kg⁻¹.

CETESB (2005): Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2005.

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration):

TEL = concentração abaixo da qual não há risco potencial de efeitos tóxicos à biota;

ERL = concentrações metálicas abaixo das quais efeitos adversos raramente ocorrem;

AET = Limite de efeitos aparentes, onde impactos biológicos são sempre esperados.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)