



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE OCEANOGRAFIA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

CAIO DANIEL NASCIMENTO DOS REIS

**CARACTERIZAÇÃO TEXTURAL E MINERALÓGICA DOS SEDIMENTOS DE
FUNDO DA FOZ DO RIO SUCURIJU (AP).**

**BELÉM – PARÁ
AGOSTO – 2011**

CAIO DANIEL NASCIMENTO DOS REIS

**CARACTERIZAÇÃO TEXTURAL E MINERALÓGICA DOS SEDIMENTOS DE
FUNDO DA FOZ DO RIO SUCURIJU (AP).**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de
Oceanografia do Instituto de
Geociências da Universidade Federal
do Pará, em cumprimento às
exigências para obtenção do grau de
bacharel em Oceanografia.

Orientadora: Dra. Odete Fátima
Machado da Silveira

**BELÉM – PARÁ
AGOSTO – 2011**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

R375c Reis, Caio Daniel Nascimento

Caracterização textural e mineralógica dos sedimentos de fundo da foz do rio Sucuriju (AP) / Caio Daniel Nascimento dos Reis; Orientador: Odete Fátima Machado da Silveira – 2011

92 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em oceanografia) – Faculdade de Oceanografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, Terceiro Período de 2011.

1. Sedimentologia. 2. Cinturão Lacustre Oriental. 3. Hidrodinâmica e sedimentação. 4. Origem dos sedimentos. 5. Foz do rio Amazonas. I. Silveira, Odete Fátima Machado da *orient.* II. Universidade Federal do Pará. IV. Título.

CDD 20 ed.: 551.3098116

CAIO DANIEL NASCIMENTO DOS REIS

CARACTERIZAÇÃO TEXTURAL E MINERALÓGICA DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DA FOZ DO RIO SUCURIJU (AP).

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Oceanografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de bacharel em Oceanografia.

Data da Defesa: 09/08/2011

Conceito: EXCELENTE

Banca Examinadora:

Dra. Odete Fátima Machado da Silveira – Orientadora
Doutora em Geologia
Universidade Federal do Pará (UFPA)

Dr. José Francisco Berrêdo Reis da Silva – Membro
Doutor em Geologia e Geoquímica
Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG)

MSc. Susane Rabelo de Souza-Vieira – Membro
Doutoranda em Geologia e Geoquímica
Universidade Federal do Pará (UFPA)

A Cristo Jesus, meu amor maior, por me
amar primeiro e por ter entregado sua
vida por mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, ao qual eu devo minha vida, pelo amor incondicional, por ter me concedido à companhia do seu Espírito Santo nos momentos mais difíceis. Ele é a razão de todo meu sucesso.

Aos meus pais, Carlos Alberto e Edilma Reis, por terem me passado valores, dedicação, carinho, respeito, amor e por todos os investimentos ao longo de minha vida, que me proporcionaram chegar até aqui. Ao meu irmão mais velho, Carlos Davi, pela paciência em aturar o irmãozinho caçula, e dar-me a alegria de ser tio dos lindos Diego Kawê e Aymee Sofia. E um carinho especial a minha irmã, Carla Daniele, por ter sido minha 2ª mãe, dando-me conselhos e broncas necessárias até hoje. Enfim, a toda minha família, meu maior patrimônio aqui na terra.

A minha querida orientadora, Prof^a.Dra. Odete Silveira, por todas as oportunidades, por todo incentivo, apoio, carinho e sinceridade ao longo desses quase 3 anos de parceria. Por ter transformado um tímido estudante em um profissional apaixonado pelo que faz.

Aos Radicais da Última Geração (RUG), família espiritual que Deus me deu. Um agradecimento especial as minhas autoridades, Pr. Valter Maia e Pra. Luana Maia, Wania Grangeiro e Sabrina Costa, exemplos de integridade e fé. A todos eles, meu “Muito Obrigado” pelos conselhos, confrontos e cobertura espiritual, fundamentais para minha vitória.

Aos meus amigos e irmão da Rede Judah, pelos momentos de comunhão e crescimento que passamos juntos. É uma honra servir a Deus com vocês. Aos meus irmãos Jhony, Sotero, Jonas, Anderson, Joisy (prima), Joyce Paixão, Denise e Rejane que oraram, mandaram mensagens de apoio e acompanharam de perto a minha luta. Agradeço também aos meus filhos da célula Judah 23, em especial, ao Carlos, por segurar a barra de cuidar dos meninos e da célula na minha ausência para dedicar-me a este trabalho. Obrigado filhos pela compreensão.

Ao Laboratório de Oceanografia Geológica e Geofísica Marinha (LIOG), minha segunda casa, e a toda sua equipe: Gustavo, Fran, Lidiane, Priscila, Amanda, Marcio, Ernan, Fábio (Japa), Andrey e Cassiana. Aos Diegos Xavier (Preto) e Sfrendrech (Xará) por cederem seus valiosos resultados, de grandíssima valia para as interpretações deste trabalho. E a todos o “Lioguinós”, meu obrigado pela

convivência, troca de conhecimento e experiências ao longo desses anos que estou integrado ao laboratório.

Ao projeto PIATAM-MAR II que subsidiou a etapa de campo, fundamental para este trabalho. E ao Projeto AMASIS, por financiar a etapa de laboratório e de processamento de dados.

A turma de Oceanografia 2007, pela companhia nas sonecas na sala de aula depois do almoço, pelas divertidas e inesquecíveis viagens de campo e por todos os momentos marcantes ao longo de 4 anos de convivência. Todos vocês estão em meu coração.

Ao Instituto de Geociências da UFPa pelo suporte técnico e estrutura na utilização de laboratórios para a conclusão de algumas etapas. Ao Laboratório de Difração de Raios-X na obtenção dos dados de mineralogia. Ao Laboratório de Sedimentologia, na figura do “Seu” Lopes, pela dedicação ao ensinar as metodologias da análise granulométrica.

Agradeço aos Professores Dr. José Francisco Berrêdo Reis da Silva e MSc. Susane Rabelo de Souza-Vieira por aceitarem participar da minha banca avaliadora.

Aos todos os professores da Faculdade de Oceanografia da UFPa (FAOC) pelo conhecimento científico passado, fundamentais em minha formação acadêmica.

Para finalizar gostaria de agradecer a todos aqueles que participaram, direta ou indiretamente, mesmo não citados, da minha formação; até mesmo a você, caro leitor deste Trabalho de Conclusão de Curso, gostaria de deixar meu “Muito Obrigado”.

*“Deus é o nosso refúgio e a nossa fortaleza,
auxílio sempre presente na adversidade.
Por isso não temeremos, embora a terra trema e
os montes afundem no coração do mar,
embora estrondem as suas águas turbulentas e
os montes sejam sacudidos pela sua fúria.
Há um rio cujos canais alegam a cidade de Deus,
o Santo Lugar onde habita o Altíssimo.”*

(Salmos 46:1-4)

RESUMO

A região do Cabo Norte, adjacente à foz do rio Amazonas, está submetida à ação das forçantes meteorológica, oceanográfica e amazônica. Nessa região localiza-se o rio Sucurijú, drenagem exorréica, que, no seu trajeto, recebe águas do Cinturão Lacustre Oriental, devido à conexão com o igarapé Urubu (afluente do rio Sucuriju) com a região de planície inundada do lago Piratuba. Foram realizadas amostragens de sedimentos de fundo, na porção fluvial e na área adjacente à linha de costa. As amostras foram submetidas à análise granulométrica e mineralógica (rocha total e argilominerais) por difração de raios X. Os resultados da granulometria mostraram uma distribuição média de 18,60% de areia, 8,62% de argila, e com a predominância da fração silte (média de 72,78%), com percentuais variando entre 35,77% e 92,73%. A composição mineral dos sedimentos da foz do rio Sucuriju é composta basicamente por quartzo, albita, muscovita, k-feldspato, e pelos argilominerais illita, esmectita, caolinita e clorita, que assemelha-se com a assembléia encontrada na região dos lagos, sugerindo um transporte sedimentar desde o sistema lacustre para o sistema fluvial-estuarino. Essas análises forneceram subsídios para o entendimento da hidrodinâmica e sedimentação atual desse ambiente, além da origem dos sedimentos da foz do rio Sucurijú.

Palavras-chave: Sedimentologia. Foz do rio Amazonas. Cinturão Lacustre Oriental. Hidrodinâmica e sedimentação. Origem dos sedimentos.

ABSTRACT

The Cabo Norte region, close to the Amazon River mouth is submitted to the meteorological, oceanographic and Amazonian forcing agents. In this scenario is located the Sucuriju river, an exoreic drainage which receives the waters from the Cinturão Lacustre Oriental, due the connection with the Urubu creek and the flooded plain of Piratuba Lake. The bottom sediment collection was made in both fluvial and coastal area. The collected material was submitted to grain size and mineralogical analysis (total mineralogy and clay minerals) through DRX. The results of gran size showed a mean distribution of 18,60% to sand, 8,62% to clay, and with predominance of silt, 72,78%, with percentages ranging from 35,77% to 92,73%. The sediments of the Sucuriju river mouth mineralogical composition is: quartz, albite, muscovite, k-feldspar, and the Clay minerals illite, smectite, caolinite e chlorite, being similar to the assemblage found at the lakes region, suggesting a sedimentary transport from the lacustrine system to the fluvial-estuarine system. The results allowed to improve the understanding the actual environmental hydrodynamic and sedimentation, giving keys to study the sediments origin at the Sucuriju river mouth.

Key-words: Sedimentology. Amazon River Mouth. Cinturão Lacustre Oriental. Hydrodynamic and sedimentation. Origin of sediments.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1:	Carta Imagem de Localização do Rio Sucuriju	19
Figura 2:	Imagem de satélite indicando a rota Santana-Sucuriju de barco....	20
Figura 3:	Mapa Geológico do Amapá.....	21
Figura 4:	Carta geológica da área da REBIO e seu entorno, com destaque para os depósitos flúvio-marinhas.....	23
Figura 5:	Unidades morfoestruturais do Estado do Amapá.....	26
Figura 6:	Imagem aérea da vegetação aos arredores da vila Sucuriju.....	28
Figura 7:	Vegetação ao longo do curso do rio Sucuriju: A - <i>Rhizophora SP.</i> em zona de intermaré; B – <i>Bosque misto jovem</i> e C – bosques associados à florestas de mangue.....	29
Figura 8:	Gráfico da média anual da precipitação e temperatura no Estado do Amapá, com base em dados de 1961 a 1990.....	30
Figura 9:	A - Ocorrência de Pororoca no rio Sucuriju; B - efeito erosivo na margem e C - remobilização de sedimento de fundo.....	32
Figura 10:	Corrente Norte Brasileira - CCNB e a descarga do Rio Amazonas.....	33
Figura 11:	Mapa da localização das amostras de sedimento do rio Sucuriju destinadas à: A- análise granulométrica e B- mineralogia.....	40
Figura 12:	Fluxograma mostrando a seqüência do tratamento das amostras e análises realizadas.....	41
Figura 13:	Método de eliminação de matéria orgânica por NaOCl em “banho Maria”.....	43
Figura 14:	Equipamentos utilizados durante a análise granulométrica: a) balança de precisão, b) bacia de ultra-som, c) centrifuga, d) peneirador automático e e) estufa.....	44
Figura 15:	Instrumentos utilizados na preparação das amostras para a análise de rocha total: A) Grau de ágata B) Porta-amostra C) Compactador de amostra D) Suporte para o porta-amostra E) Lâmina F) Espátula.....	47
Figura 16:	Carta de distribuição de sedimentos da foz do rio Sucuriju.....	50

Figura 17: : Mapa de domínios hidrodinâmico, confeccionado a partir do diagrama de Pejrup. As letras representam a porcentagem da fração areia: A (>90%), B (50 a 90%), C (10 a 50%) e D (<5410%).....	51
Figura 18: Difrátogramas de raios-x de rocha total.....	52
Figura 19: Difrátogramas de raios-x de argilominerais.....	54
Figura 20: Difrátograma de raios-x de argilominerais dos pontos pt-018, em destaque o desaparecimento dos picos de clorita (Chl) na amostra aquecida.....	55
Figura 21: Difrátograma de raios-x de argilominerais dos pontos pt-003, em destaque a duplicidade dos picos de clorita (Chl) e esmectita (E)	55
Figura 22: Comparação entre A- Carta preliminar da distribuição de sedimentos, confeccionada a partir da descrição macroscópica em campo e B- Carta de distribuição de distribuição espacial dos sedimentos (Confeccionado pelo Autor).....	56
Figura 23: Carta sedimentológica da foz do rio Sucuriju, em destaque os bancos de areia.....	57
Figura 24: Comparação entre A- Mapa de distribuição de teor de matéria orgânica e B- Carta de distribuição de distribuição espacial dos sedimentos. Em destaque o C- depósito de Turfa juntamente com de areia.....	58
Figura 25: Mineral muscovita ressuspendendo em depósito de areia, em zona intermaré.....	60
Figura 26: Proposta de esquema representando a circulação da água na região do Lago Piratuba. Observe os três principais pontos de contato direto com as águas costeiras: o pequeno canal aberto, a entrada da maré alta e o rio Sucuriju.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Escala logarítmica e designações da classificação textural.....	45
Tabela 2	Percentuais Mínimo, Máximo e Médio das Classes Granulométricas....	49

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	18
2.1	GERAL.....	18
2.2	ESPECÍFICOS.....	18
3	LOCALIZAÇÃO E ACESSO À ÁREA DE ESTUDO	19
4	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	21
4.1	GEOLOGIA.....	21
4.1.1	Geologia Regional	21
4.1.2	Geologia da área de estudo	22
4.1.2.1	Terciário.....	23
4.1.2.2	Quaternário.....	23
4.1.2.3	Mineralogia.....	25
4.2	GEOMORFOLOGIA.....	25
4.2.1	Geomorfologia Regional	25
4.2.2	Geomorfologia da área de estudo	27
4.3	VEGETAÇÃO.....	27
4.4	CLIMA.....	30
4.5	PARÂMETROS OCEANOGRÁFICOS.....	31
4.5.1	Ondas	31
4.5.2	Marés	31
4.5.3	Correntes	32
4.5.4	Salinidade	33
5	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	35
5.1	ESTUÁRIOS.....	35
5.2	AMBIENTE FLUVIAL.....	35
5.3	ANÁLISE SEDIMENTOLÓGICA.....	37
5.4	SEDIMENTOS PELÍTICOS.....	38
5.5	MINERAIS.....	38
6	MATERIAIS E MÉTODOS	39
6.1	LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO.....	39
6.2	ETAPA DE CAMPO.....	39

6.3	LABORATÓRIO.....	41
6.3.1	Análises Sedimentológicas.....	41
6.3.1.1	Preparação das amostras.....	41
6.3.1.2	Eliminação de matéria orgânica.....	42
6.3.1.3	Análise granulométrica	43
6.3.2	Mineralogia.....	46
6.3.2.1	Minerais Totais.....	46
6.3.2.2	Argilominerais.....	47
6.4	GABINETE.....	48
7	RESULTADOS.....	49
7.1	FRACIONAMENTO GRANULOMÉTRICO.....	49
7.2	MINERALOGIA.....	52
8	DISCUSSÃO.....	56
8.1	FRACIONAMENTO GRANULOMÉTRICO.....	56
8.2	MINERALOGIA.....	58
9	CONCLUSÃO.....	62
	REFERÊNCIAS.....	64
	ANEXOS.....	70
	ANEXO A: PLANILHA COM AS COORDENADA EM UTM DA AMOSTRAS ANALISADAS NESTE TRABALHO.....	71
	ANEXO B: PLANILHA GERAL COM OS RESULTADOS DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.....	75
	ANEXOS C: DIFRATOGRAMAS DE MINERAIS TOTAIS.....	77
	ANEXOS D: DIFRATOGRAMAS DE ARGILOMINERAIS.....	84

1 INTRODUÇÃO

A zona costeira amazônica apresenta caráter geológico e morfológico singular por estar sob influência da bacia de drenagem do rio Amazonas, responsável por mais da metade da carga de água doce, partículas e solutos que atingem os oceanos, transportando 1.2×10^9 ton/ano (MEADE et al. 1985) de partículas pelíticas ao longo da costa norte, formando uma das mais extensas costas lamosas do planeta.

A linha de costa do Estado do Amapá demonstra uma grande instabilidade morfológica, devido à ação de diversas forçantes na região, tais como o regime de ventos (predominância de alísios de nordeste), alta precipitação, o sistema de circulação geral do oceano Atlântico (Corrente Norte Equatorial e reflexão da Corrente Norte Brasileira) e a descarga do Rio Amazonas (SILVEIRA; SANTOS, 2006).

A configuração morfológica da região é uma das principais responsáveis pelo regime de macromarés que, junto com as fortes correntes e ocorrência da pororoca, caracteriza a planície costeira como extremamente dinâmica, cujo processo evolutivo tem relação direta com a história geológica e tectônica regional. Todo esse conjunto de características ímpares, aliado à riqueza biológica já conhecida da Amazônia e à ausência notável de trabalhos científicos que permitam um maior entendimento da região, faz da pesquisa sujeito indispensável para a investigação e conservação desse tipo de ambiente que, especificamente na Planície Costeira do Amapá, teve apenas 2% de sua floresta destruída. Assim, é uma área ainda considerada no seu estado natural (SILVEIRA, 1998).

Segundo Silveira (op. cit.), a Planície Costeira do Amapá está inserida no limite de três reservas federais: Reserva biológica do Lago Piratuba (357.000 ha), Parque Nacional do Cabo Orange (619.000 ha) e a Estação Ecológica Maracá-Jipioca (72.000 ha), gerenciadas pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

O Distrito do Sucuriju situa-se no extremo norte do estado do Amapá na região denominada Cabo Norte e está inserida no Cinturão Lacustre Oriental onde fazem parte os lagos Piratuba, Trindade, Escara e Maresia, com disposição geográfica próxima a linha de costa, no entorno da REBIO do Lago PIRATUBA. O lago Piratuba é o maior e o mais importante deles; faz a conexão com o rio Sucuriju,

por onde deságuam as águas continentais e onde foi estabelecida a Vila do Sucuriju às suas proximidades (SILVEIRA; SANTOS, 2006).

As características geomorfológicas do rio Sucuriju (estuário em forma de funil e fundo raso), associados ao fenômeno de macromarés propiciam o fenômeno da pororoca que produz fortes correntes com grande poder de remobilização e erosão dos sedimentos (SANTOS, 2006).

Segundo o esquema de circulação proposto por Takiyama; Silveira (2007), o transporte das águas e sedimentos da região dos lagos para o rio Sucuriju acontece devido à conexão do igarapé Urubu (afluente do Rio Sucuriju) com a região de planície inundada do lago Piratuba.

Determinadas propriedades físicas dos sedimentos são fundamentais para estudar os depósitos sedimentares e a dinâmica sedimentar que os originou. Alguns dos parâmetros determinantes são a densidade, o tamanho, a forma e a rugosidade da superfície das partículas, bem como a granulometria dos sedimentos. A análise das dimensões das partículas permite deduzir indicações preciosas, entre outras, sobre a proveniência (designadamente a disponibilidade de determinados tipos de partículas e sobre as rochas que lhes deram origem); o transporte, e, os ambientes deposicionais (DIAS, 2004). Por outro lado, os argilominerais são capazes de ajudar a revelar a história da sedimentação de um ambiente, já que podem ser característicos de determinados ambientes de climatização e um estudo das argilas tornaria possível a reconstrução do ambiente onde elas se formaram ou foram finalmente depositadas (KRAUSKOPF, 1972).

Estudos anteriores (MENDES, 1990; MENDES, 1994; SANTOS, 2007; BOSNIC, 2008; XAVIER, 2009; SFRENDRECH, 2009), realizados na região costeira do Amapá, revelaram que a mineralogia encontrada correlaciona-se às rochas ácidas que compõem o embasamento do Complexo Guianense (pré-Cambriano Inferior), do tipo granulito, gnaisses e granitos (LIMA et al., 1974). Além disso, Biscaye (1965) aponta também a região dos Andes como fonte direta para os argilominerais do litoral amapaense.

Com base nas análises textural e mineralógicas foram obtidos resultados que contribuirão na compreensão da dinâmica sedimentar (procedência, transporte e sedimentação) ocorrentes na foz do rio Sucurijú. O estudo apresentado vem integrar aos poucos estudos já realizados na área; integração esta que nos levará a um

entendimento geral dos processos geológicos e geoquímicos ocorrentes na região da REBIO do lago Piratuba.

O trabalho de conclusão de curso aqui apresentado teve o apoio projeto Integração de Dados Geofísicos, Geológicos e Geoquímicos na reconstituição da Paleogeografia da Costa Amazônica do Terciário ao Recente – AMASIS, os quais forneceram o suporte logístico para as etapas de campo e para o processamento analítico dos dados apresentados.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Caracterizar texturalmente e mineralogicamente a cobertura sedimentar superficial submersa, assim como sua mineralogia; caracterizando os sedimentos de fundo da foz do Rio Sucuriju.

2.2 ESPECÍFICOS

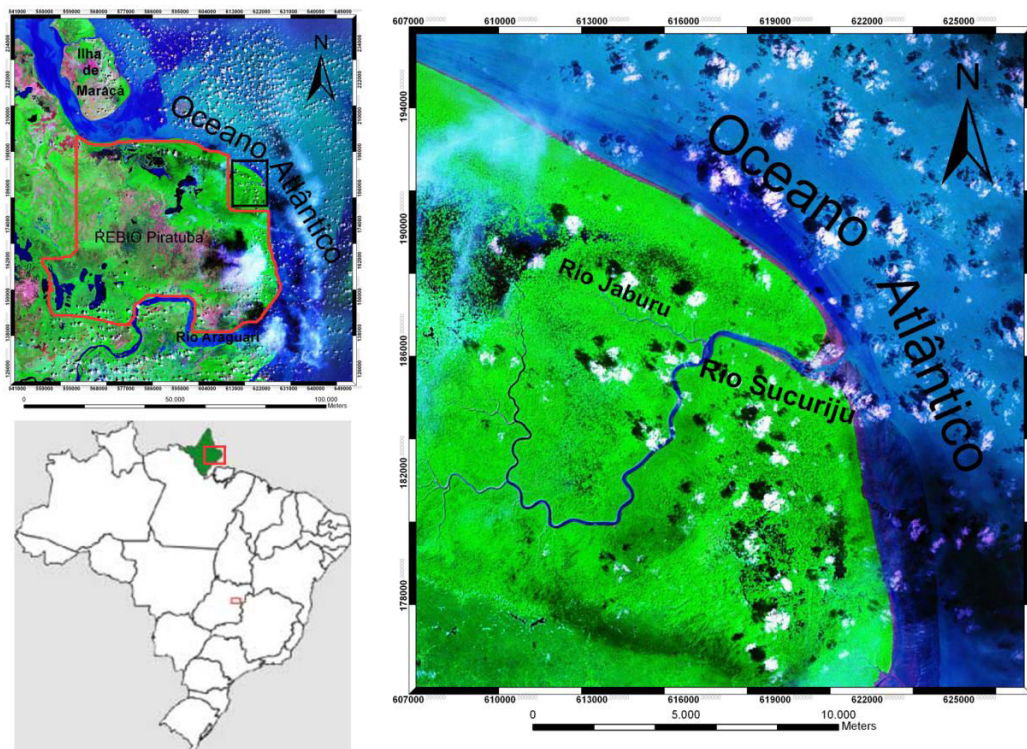
- Caracterizar texturalmente os sedimentos;
- Determinar a mineralogia dos sedimentos;
- Confeccionar cartas de distribuição dos sedimentos de fundo;
- Correlacionar a hidrodinâmica através da análise granulométrica.
- Comparar entre as cartas obtidas pelo Plano de Trabalho e aquelas construídas por análise macroscópica pelo Projeto Piatam Mar II (TAKIYAMA, 2008).

3 LOCALIZAÇÃO E ACESSO À ÁREA DE ESTUDO

O rio Sucuriju localiza-se na planície costeira do Estado do Amapá, ao norte do Rio Araguari e está inserido na área adjacente à Reserva Biológica do Lago Piratuba.

Este rio encontra-se na região nordeste do estado e a área de coleta de amostras está limitado entre as coordenadas UTM 613774,502/190559,407 e 626603,41/179085,463, consistindo em amostras no interior do rio e na área adjacente a foz (Figura 1).

Figura 1: Carta Imagem de Localização do Rio Sucuriju.



Fonte: Xavier, 2009.

O Distrito de Sucuriju localiza-se no extremo leste do Estado do Amapá, ao longo da faixa costeira e dista em linha reta 120 km da sede do município de Amapá e 220 km da capital do Estado, Macapá. Apresenta uma área de 16.700 ha e está inserido na margem direita do rio Sucuriju, próximo de sua desembocadura.

O acesso à região é difícil. A partir de Belém, uma das formas de acesso é seguir, primeiramente, até Macapá, por via aérea (40 min) ou via fluvial (de 24 a 48 horas). A partir de Macapá, segue-se por via fluvial com barco de alumínio com

motor de popa, ou, por via fluvial e marítima com embarcação regional saindo de Macapá até a Vila do Sucuriju, tal viagem levam entre 36 e 48 horas, sendo necessária a realização de duas paradas em função do regime de maré, como pode ser visto na Figura 2.

Figura 2: Imagem de satélite indicando a rota Santana-Sucuriju de barco.



Fonte: Sfrendrech, 2009.

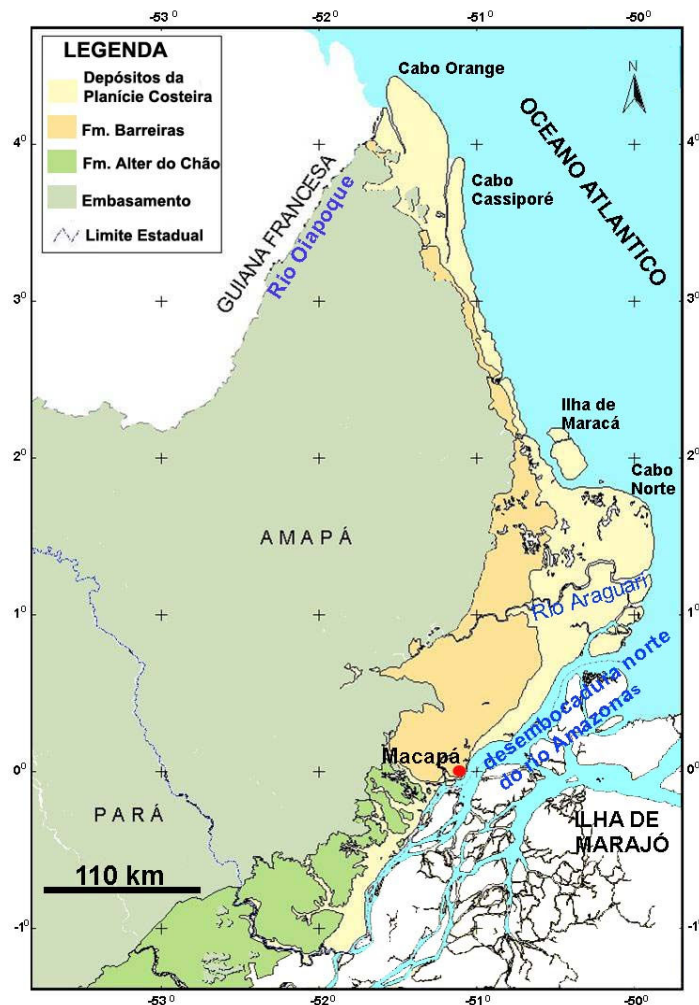
4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 GEOLOGIA

4.1.1 Geologia Regional

O arcabouço geológico do Estado do Amapá foi definido primeiramente por Lima et al.(1974);Lima et al.(1991) e Allisson (1995), onde para o Estado do Amapá, definiram três tipos de unidades geológicas: Terrenos Antigos, Terrenos Terciários (Grupo Barreiras) e Terrenos Quaternários (COSTA, 1997). (Figura 3).

Figura 3: Mapa Geológico do Amapá.



O embasamento amapaense mais antigo data do Arqueano, sendo representado por Complexo Guianense, Suíte Metamórfica, Ananaí-Tartarugal

Grande e granitóides. No Proterozóico Inferior, estágio de formação dos oceanos, ocorreu metamorfização do material máfico e ultramáfico formando o Grupo Vila Nova, composto por rochas meta-máficas, ultramáficas, meta ácidas de origem vulcânica, xistos, quartzitos e formações ferríferas (LIMA et al., 1974).

Com a abertura do Oceano Atlântico, a Bacia do Amazonas foi submetida a uma subsidência acentuada, recebendo intensa sedimentação clástica, constituída de arenitos, siltitos, argilitos e conglomerados vermelhos de ambiente fluvial, os quais compõem a Formação Alter do Chão (LIMA et al., op. cit.). Do período entre o Paleoceno e o Mioceno, mudanças climáticas e processos intempéricos permitiram o desenvolvimento dos depósitos lateríticos /bauxíticos verificados no Amapá (LIMA et al. 1991).

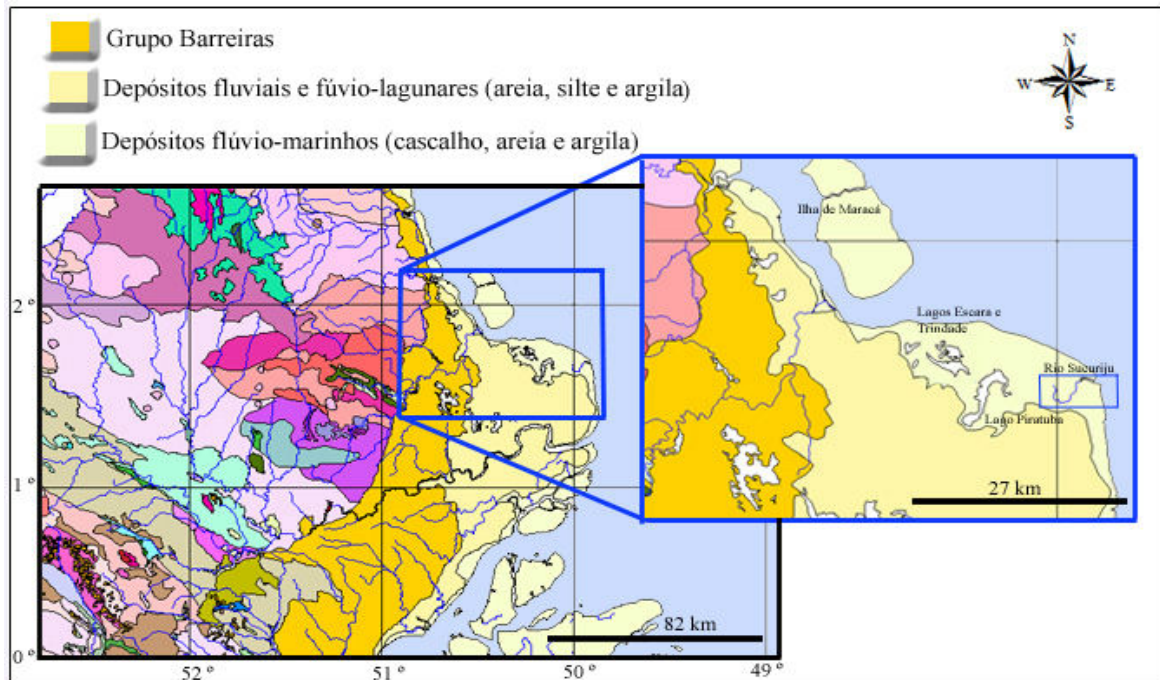
As variações do nível marinho foram responsáveis pela construção dos estuários durante a última transgressão (REINSON, 1992), sendo influenciada também pela tectônica regional. Esta, por sua vez, controla a fisiografia da costa influenciada também na direção dos rios e, conseqüentemente tendo reflexos na sedimentação (MENDES, 1994; SANTOS, 2006; SILVEIRA, 1998; SOUZA FILHO; EL-ROBRINI, 2000).

4.1.2 Geologia da área de estudo

Restringindo a área de estudo à planície costeira amapaense, Lima (op cit.) identificou sedimentos depositados em períodos recentes: Terciário e Quaternário.

Pouco se conhece da geologia da área a ser estudada, porém, nos estudos de Silveira (1998) e Silveira & Santos (2006), foi definiram a geologia da área como sendo composta pelo grupo Barreiras de origem Terciária e, Depósitos de Planície Fluvio-Estuarina, Depósitos de Planície Fluvio-Marinho (onde se encontra o rio Sucuriju) e Depósitos Lacustres, de origem Quaternária, escritas a seguir (Figura 3):

Figura 4: Carta geológica da área da REBIO e seu entorno, com destaque para os depósitos flúvio-marinhos.



Fonte: CPRM, 2008 (Folha NA/NB.22).

4.1.2.1 – Terciário

Grupo Barreiras: Unidade que ocorre na porção sudoeste da área de entorno da REBIO Piratuba, às margens do Lago Novo, e como pequenas ilhas entre esse e o Lago Comprido, na forma de pequenos terraços erosivos. Os sedimentos do Grupo Barreiras apresentam-se como argilosos e argilo-arenosos, tendo como característica marcante o seu aspecto mosqueado, determinado pelo processo de lixiviação do ferro, dando uma cor amarelo-avermelhada ao sedimento. Na margem oeste do lago Duas Bocas, o Grupo Barreiras apresenta uma constituição mais arenosa que varia de fina a grosseira, formando crostas e camadas lateríticas.

4.1.2.2 – Quaternário

Depósitos de Planície Flúvio-Estuarina 1: são depósitos mais expressivos dentro da área da REBIO PIRATUBA e em seu entorno. São representados pelas áreas de campos arbustivos e herbáceos; são áreas planas desenvolvidas atrás das

áreas de várzeas e manguezais bordejando os lagos localizados no interior da planície costeira.

Os sedimentos são em sua maioria pelíticos, de coloração cinza amarelada, ricos em matéria orgânica e com presença de bioturbações provocadas por raízes. Foram identificadas também, às margens dos canais, estratificações plano-paralelas, típica de ambientes influenciados por maré. A área onde são encontrados esses depósitos sofre influência das marés e é inundada parcialmente durante as marés de sizígias do período seco e totalmente inundada durante o período de cheias. Na porção noroeste da área da REBIO e seu entorno essas áreas apresentam uma sedimentação com influência marinha, verificada pela presença de vegetação salina.

Depósitos de Planície Flúvio-Estuarina 2: ocorrem às margens do rio Araguari e de outras drenagens sob influencia direta da maré, caracterizados por sedimentos pelíticos a siltico-arenosos de coloração cinza amarelada em áreas de várzeas. Essas áreas são atingidas pelas marés diariamente e ficam completamente inundadas durante as marés de sizígia.

Depósitos de Planície Flúvio-Estuarina e Flúvio-Marinha: depósitos situados ao longo da costa, desde a foz do rio Araguari até o extremo norte da área. Estão associados às áreas sob influência mais direta da salinidade e são caracterizados por sedimentos pelíticos nas áreas onde predomina a vegetação de manguezais e, por sedimentos siltico-arenosos a arenosos, em áreas onde os processos dinâmicos são mais intensos. Formam bancos, barras e planícies arenosas em áreas de acreção e assoreamento nas margens e no meio dos canais. A maré é a principal ação em todo o processo sedimentar desta unidade, pois, atua diariamente através dos canais de maré, carreando grande quantidade de sedimentos para a porção mais interna da planície. Esses depósitos apresentam estratificação paralela e intensa bioturbação.

Depósitos Lacustres: encontram-se na área da REBIO PIRATUBA e em seu entorno, representados pelos lagos Piratuba, Trindade, Escara, Mutuco, Comprido de Dentro e de Fora, Novo e Duas Bocas. Esses são caracterizados por sedimentação pelítica típica de lagos e por depósitos ricos em matéria orgânica. Os lagos do setor sudoeste (Duas Bocas, Novo, Mutuco e Comprido) têm influência direta dos rios Tartarugal Grande e Tartarugalzinho, assim como dos seus grandes provedores de água e sedimentos terrígenos. Já o lagos do setor norte-noroeste

(Piratuba, Escara, Trindade, Maresia etc.) têm como principal provedor as águas pluviais, principalmente durante o inverno, mas durante o verão, em marés excepcionais, as águas costeiras salinas chegam a alcançar porções de alguns lagos nesse setor.

4.1.2.3 Mineralogia

Os estudos de Mendes (1994), Santos (2007), Bosnic (2008), Xavier (2009) e Sfrendrech (2009) revelaram a composição mineralógica dos sedimentos holocênicos da região costeira do Amapá, que corresponde a muscovita, quartzo, albita, k-feldspato, clorita, caolinita, esmectita e ilita. Lima (1974) correlaciona tal mineralogia a rochas ácidas que compõem o embasamento do Complexo Guianense (pré-Cambriano Inferior), do tipo granulito, gnaisses e granitos.

Os argilo-minerais representam uma importante classe dentre os constituintes sedimentares da costa do Amapá, visto que predominam, sobremaneira nessa região, sedimentos argilosos. De acordo com os trabalhos de Mendes (1990), Mendes (1994), Khoury (1995) e Costa (1997) os principais argilo-minerais encontrados na planície costeira do Amapá são esmectita, caulinita, clorita, ilita e interestratificados.

Segundo Khoury (op. cit.), os teores de esmectita no continente aumentam em direção à linha de costa, enquanto que a ilita e a caulinita apresentam um decréscimo gradual nessa direção.

A região dos Andes é apontada por Biscaye (1965) como fonte direta para argilominerais do litoral amapaense, porém Mendes (1994) destaca que o rio Amazonas apresenta uma série de fatores responsáveis pela erosão de rochas ígneas e metamórficas constituintes dos terrenos pré-cambriano amazônico que também podem ser considerados como área fonte.

4.2 GEOMORFOLOGIA

4.2.1 Geomorfologia Regional

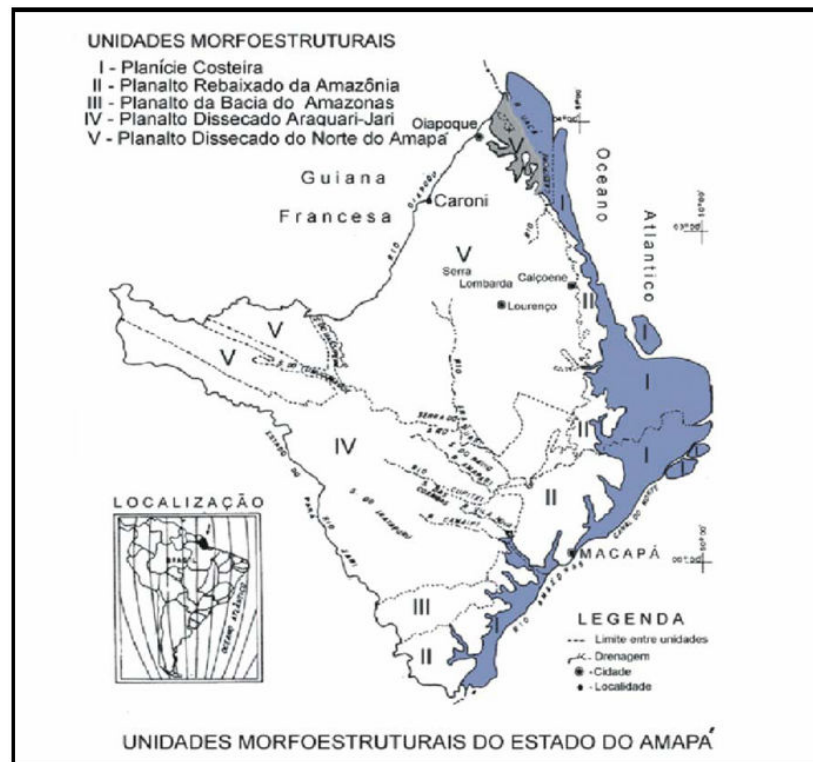
Segundo Boaventura & Narita (1974) são identificadas cinco unidades morfoestruturais, no Estado do Amapá: Planaltos residuais do Amapá; Planalto

Rebaixado da Amazônia; Colinas do Amapá; Depressão Periférica do Norte do Pará e Planície Flúvio Marinha Macapá-Oiapoque, essa última foi classificada por Lima et al. (1991) como Planície Costeira do Amapá (Figura 5). Unidades estas que atualmente sofrem retrabalhamento por processos erosivos.

Os Planaltos Residuais são representados por maciços residuais dissecados pelos intensos processos fluviais. Podem apresentar forma de cristas além de formas tabulares com altitudes de até 550 metros. O Planalto Rebaixado da Amazônia é composto basicamente por sedimentos do Grupo Barreiras e ocorrem na porção ocidental do estado, com altitudes de até 100 metros (BOAVENTURA; NARITA, 1974).

As Colinas do Amapá cobrem uma maior área, comparadas as demais unidades, variando em altitude entre 150 e 200 metros, diminuindo essa altitude em direção ao litoral. São produto da dissecação do Complexo Guianense e Grupo Barreiras por extensa superfície de pediplanação. Localizam-se no domínio morfoclimático dos planaltos residuais e das áreas colinosas revestidas por floresta densa. No sul do estado são representadas por colinas de topo aplainado revestido por crostas ferruginosas, acompanhando o litoral na parte leste da folha do Rio Araguari (SANTOS, 1994).

Figura 5: Unidades morfoestruturais do Estado do Amapá (modificado por Boaventura & Narita (1974) e Lima et al.(1991).



Fonte: Silveira, 1998.

A Planície Costeira do Amapá, segundo Silveira (1998), divide-se em dois domínios morfológicos, definidos em função das características das feições morfológicas encontradas a norte e a sul do rio Flechal. Neste contexto, o chamado “Domínio Norte” da Planície Costeira do Amapá mostra a ocorrência de feições morfológicas resultantes de processos fluviais e marinhos antigos (Planícies de Cheniers) e atuais (Terraços de Abrasão e as Planícies Arenosas), além de sucessão de Cabos Lamosos que compõem o Cabo Cassiporé. No “Domínio Sul” são reconhecidas feições resultantes de processos erosivos e deposicionais, tanto atuais (Terraços de Abrasão, Lagos e Planícies de Maré) quanto mais antigos (paleocanais e paleodeltas).

4.2.2 Geomorfologia da área de estudo

Silveira & Santos (2006) identificaram as seguintes unidades geomorfológicas na REBIO PIRATUBA:

Planícies Flúvio-Marinhas: são formadas por barras arenosas que gradativamente são anexadas ao continente e sofrem influência diária das marés. Estão localizadas na margem atlântica próximo ao igarapé Macarry.

Planícies Flúvio-Estuarinas: Localizadas no baixo curso do rio Araguari, submetidas às marés semi-diurnas e aos processos erosivos relacionados à pororoca. A grande mobilização de sedimentos disponibilizados pela erosão auxilia na formação de ilhas no baixo curso do rio Araguari.

Planícies Fluviais: No baixo curso do rio Araguari essas planícies se apresentam como áreas contíguas à margem direita do rio Araguari; são áreas rebaixadas e mostrando baixos terraços que são propícias a colmatação.

4.3 VEGETAÇÃO

Situada em ambiente amazônico, o maior e mais bem preservado ecossistema tropical do mundo, a costa amazônica brasileira representa cerca de 20% de todo o litoral nacional, concentrando a segunda maior extensão de áreas colonizadas por manguezais do planeta (SPALDING et al., 1997).

A zona costeira do Amapá estende-se por mais de 600 km, sendo dividido em Setor Estuarino, e o Setor Atlântico. O Setor Atlântico do Estado Amapá, (a qual

está inserida área de estudo) é predominantemente de manguezais com domínios de extensos siriubais (*Avicennia germinans*), formando bosques maduros e abertos, além de duas espécies de *Rhizophora* (*R. mangle* e *R. harrisonia*) e *Laguncularia racemosa*. Associadas aos bosques de manguezais, com porte arbóreo a herbáceo, encontram-se as espécies de floresta de várzea como mututi (*Pitherocarpus amazonicus* Huber e *P. officinalis* Jacq.), verônica (*Dalbergia monetaria* L.f. e *D. ecastophylla*), aturiá (*Macherium lunatum* L.f.), açai (*Euterpe oleracea*), taboca (*Guadua latifolia*), entre outras. Apresenta uma grande área de campos periodicamente inundáveis e inundados, compostas de espécies herbáceas (como Gramineae, Cyperaceae, Lentibulariaceae, Alismataceae, Nymphaeaceae, e outras) e arbustivas. No médio e baixo curso dos rios que deságuam no setor atlântico como Amapá Grande, Sucuriju e Araguari podem encontrar florestas de várzea com e sem domínio de palmeiras. (COSTA NETO et al.2006)

De acordo com Costa Neto et al. (op. cit.) a vegetação da região do rio Sucuriju é constituída predominantemente por bosques de manguezal (Figura 6). Esses bosques sofrem a influência de distintos fatores ambientais, como, aporte sedimentar, inundações periódicas e topografia da área, todos ligados à geomorfologia da área. De acordo com Herz (1991), o desenvolvimento dos manguezais está relacionado com a dinâmica das águas costeiras (Figura 7-A) e à redução da salinidade em decorrência da alta carga de água doce oriunda do Amazonas.

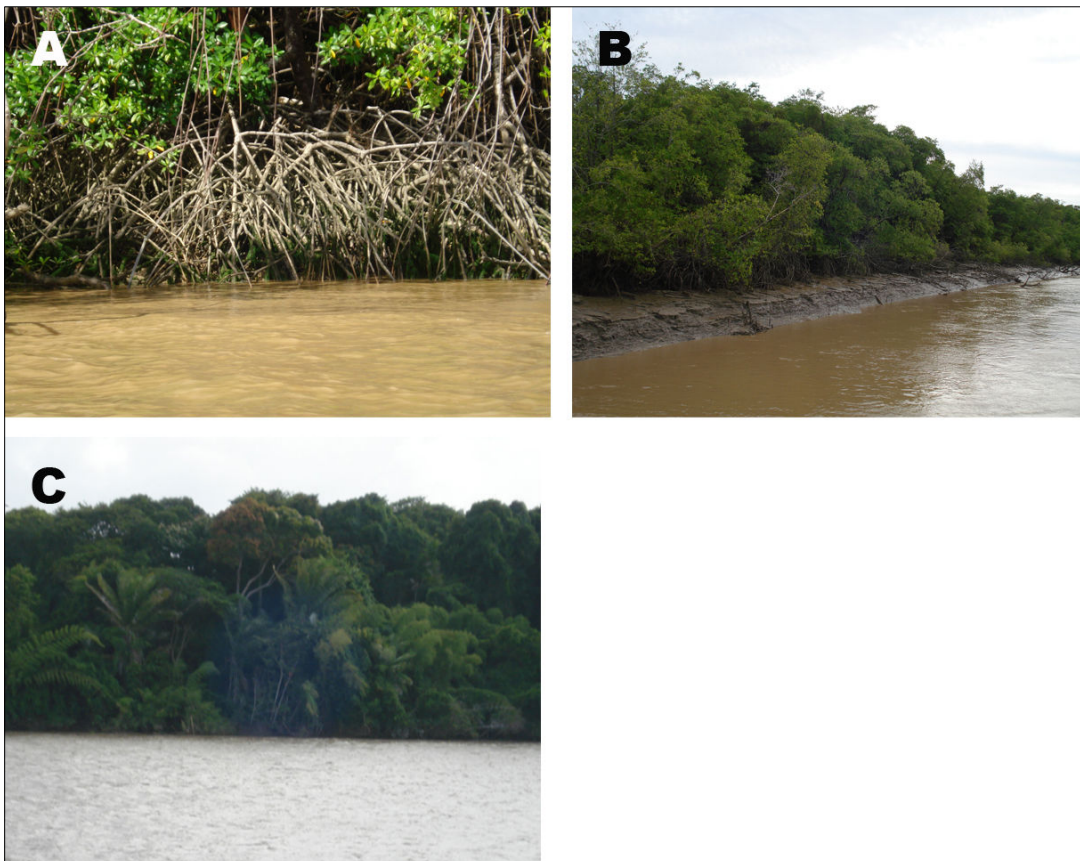
Figura 6: Imagem aérea da vegetação aos arredores da vila Sucuriju.



Foto: Odete Silveira

Na foz do Rio Sucuriju há o predomínio de bosques mistos (*Rhizophora* e *Avicennia*) mais jovens, com porte em torno de 10 metros de altura, drenados por canais de maré (Figura 7-B). Em direção ao curso médio do rio esses mangues tornando-se mais altos e apresentam uma zonação que inicia com siriúbas e taboca (*Guadua* sp.). Para o interior do rio, com a diminuição da influência da dinâmica costeira, começam a surgir bosques associados à florestas de mangue (Figura 7-C)., inicialmente com maior predomínio de *Rhizophora* sp. associada a *Pterocarpus* (mututi) e posteriormente dominado por *Avicennia* associado a *Euterpe oleracea* (açai), na altura do rio Urubu afluente do rio Sucuriju, e, posteriormente, siriúba, taboca e heliconia (*Heliconia bihai*). (COSTA NETO 2003; COSTA NETO et al., 2003).

Figura 7: Vegetação ao longo do curso do rio Sucuriju: A - *Rhizophora* sp. em zona de intermaré; B – Bosque misto jovem e C – bosques associados à florestas de mangue.

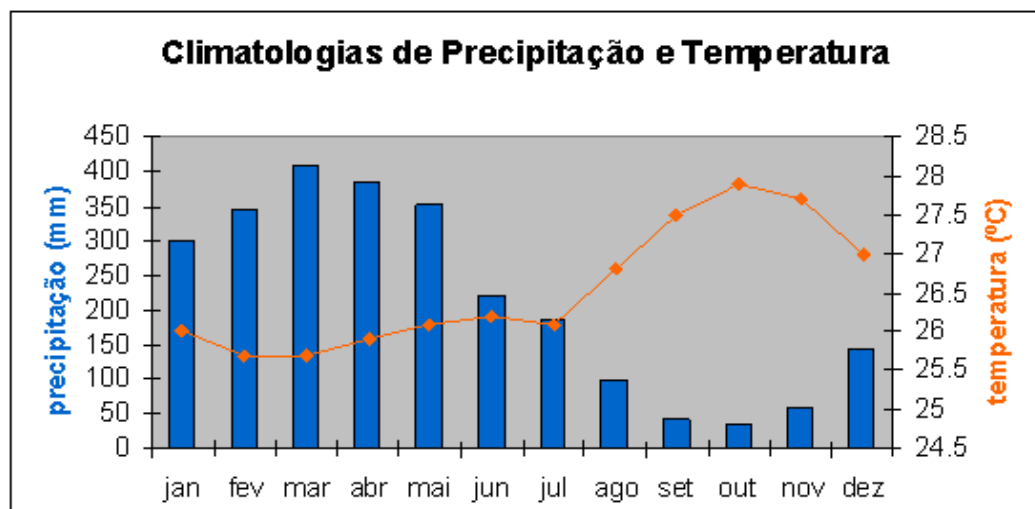


Fotos: Odete Silveira

4.4 CLIMA

A costa amapaense apresenta em toda sua extensão um clima do tipo Megatérmico, caracterizado por temperaturas elevadas em qualquer época do ano, com médias térmicas anuais oscilando entre 26°C e 28°C, decrescendo para o sul. As médias anuais das máximas apresentam valores entre 30°C e 33°C e as mínimas entre 21°C e 25°C (BEZERRA et al., 1990). Ao contrário da temperatura, as chuvas representam o fator de grande variação sazonal, observada na Figura 8.

Figura 8: Gráfico da média anual da precipitação e temperatura no Estado do Amapá, com base em dados de 1961 a 1990.



Fonte: CPTEC (2008)

De acordo com o gráfico, o período de maior precipitação ocorre entre os meses de março a junho e o de menor precipitação ocorre entre os meses de agosto a novembro, resultando em índices de precipitação elevados com totais anuais de chuvas variando entre 1500 a 3500 mm (BEZERRA et al. op. cit.). Nesse sentido, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, identifica o litoral amapaense como tropical, com uma distribuição das precipitações variável ao longo do ano, sendo que no período mais chuvoso (janeiro a julho) se concentra 70% do total anual. Silveira et al (2004), descreve ainda a umidade relativa em torno de 84%.

No contexto hidrológico, a região está inserida em um regime climático regido pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Nesta situação, ventos com maior intensidade predominam nos meses de dezembro a maio, porém nos meses de junho a novembro, quando os ventos de nordeste passam a ser mais fracos,

possibilita a predominância dos ventos de leste. Tal regime influencia na precipitação e, conseqüentemente, no regime de inundação das áreas costeiras (SANTOS, 1994).

4.5 PARÂMETROS OCEANOGRÁFICOS

4.5.1 Ondas

O regime de ondas se caracteriza como sendo pouco atuante, ocasionando um predomínio de processos associados às marés. As ondas de pequeno porte incidem na região da foz do rio Sucuriju, sendo sempre associadas a regimes de vento tanto da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), quanto dos alísios do hemisfério norte (nordeste-sudoeste) (SFRENDRECH, 2009).

4.5.2 Marés

A costa norte sofre influência constante da maré Dinâmica que é definida como sendo a variação periódica do nível de água do mar, acompanhada constantemente por correntes horizontais, que sofrem influência das forças astronômicas (PINHEIRO, 1987).

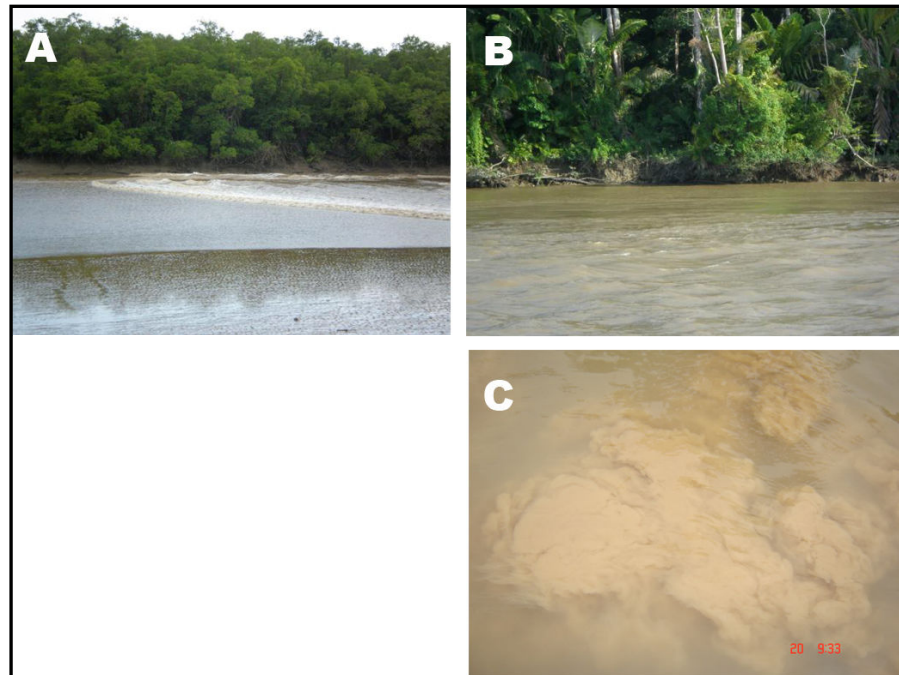
Em toda a costa norte evidencia-se a presença de marés semidiurnas com duas enchentes e duas vazantes a cada 24 horas. No litoral amapaense registra marés com amplitudes variando de 5,5m na maré de sizígia e 2,5m na maré de quadratura; na Ilha de Maracá mais precisamente no Igarapé do Inferno a amplitude de maré na sizígia foi registrada 12m, colocando a costa amapaense como o local amazônico que possui as maiores amplitudes de maré (NOVELLI; MOLLERO, 1988; MENDES, 1994; SANTOS, 2006; DHN, 2010).

No rio Sucuriju as marés são semi-diurnas assimétricas, onde o período de enchente tem aproximadamente 4 horas e o período de vazante aproximadamente 8 horas, em regime de macro-maré medições essas realizadas por Takiyama et al. (2008).

As características geomorfológicas do rio Sucuriju (estuário em forma de funil e fundo raso), associados ao fenômeno de macromarés propiciam o fenômeno

da pororoca que produz fortes correntes com grande poder de remobilização e erosão dos sedimentos (SANTOS, 2006), sobretudo no mês de março (Figura 9).

Figura 9: A - Ocorrência de Pororoca no rio Sucuriju; B - efeito erosivo na margem e C - remobilização de sedimento de fundo.

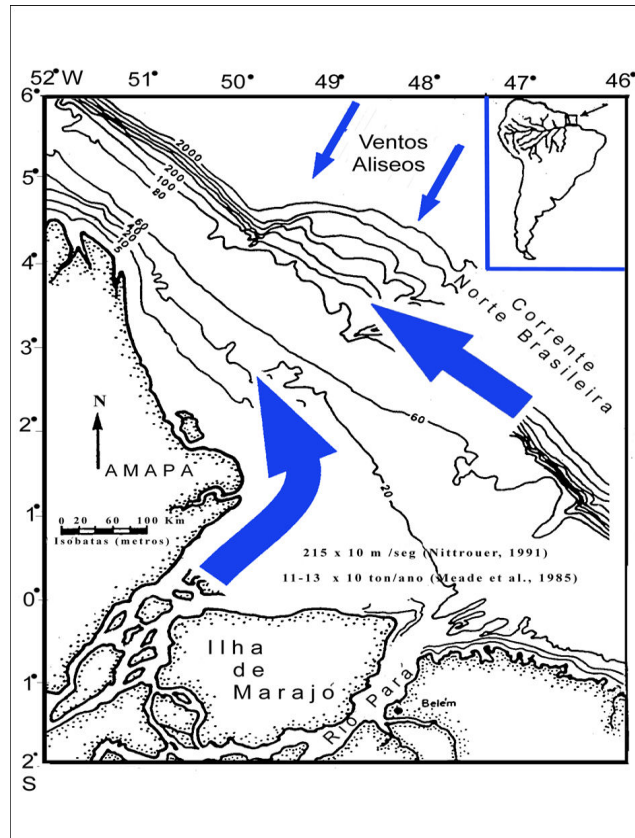


Fotos: Odete Silveira.

4.5.3 Correntes

A Corrente Costeira Norte do Brasil (CCNB) é a maior corrente de contorno Oeste nas latitudes tropicais do Oceano Atlântico (Figura 10). Esta corrente fecha o giro Equatorial dirigido pelos ventos, sustentando um sistema zonal de contracorrente; transporta águas do Atlântico sul através do Equador, constituindo parte da célula de Revolvimento Meridional do Oceano Atlântico, um importante componente da circulação da termohalina global (FONSECA et al., 2000).

Figura 10: Corrente Norte Brasileira - CCNB e a descarga do Rio Amazonas.



Fonte: Silveira, 1998.

A velocidade da Corrente Costeira Norte Brasileira varia entre 25 e 200 cm/s, apresentando, porém, velocidades instantâneas maiores, as quais dependem dos padrões e da localização dos ventos no trajeto da corrente. De modo geral, o limite mais interno da corrente se situa dentro de uma faixa distante de 20 a 40 Km da linha de costa, enquanto que as velocidades máximas se desenvolvem numa faixa, que se encontra entre 150 a 200 Km da linha de costa (LEUDMANN, 1967).

4.5.4 Salinidade

Os fortes ventos que sopram sobre a plataforma participam de forma parcial na distribuição e variação da salinidade das águas, encontrando águas salobras resultantes da mistura entre as águas fluviais com as águas oceânicas da plataforma interna. Os baixos valores de salinidade, situados próximos à costa, são atribuídos ao influxo das águas do rio Amazonas e de drenagens que atingem o litoral amapaense (rio Flechal, Calçoene, Cunani, Araguari, Sucuriju e entre outros), enquanto que, os baixos valores de salinidade nas plataformas médias e externas,

são evidenciados pela influência da pluma das águas do Amazonas nessas regiões (MENDES, 1994).

Nos meses de maio e junho, a salinidade atinge valores baixos, em torno de 12, quando a descarga do rio Amazonas é muito forte, aumentando em direção à plataforma externa. Nos meses de novembro e dezembro, período de estiagem, a salinidade torna-se mais elevada na plataforma interna, em torno de 24, aumentando em direção à plataforma externa (MENDES, op. cit.).

5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

5.1 ESTUÁRIOS

Segundo Miranda et al. (2002), estuários são ambientes de transição entre o continente e o oceano, onde ocorre o encontro das águas dos rios com as água do mar, e a conseqüente diluição da água salgada. De forma geral, as águas estuarinas são biologicamente mais produtivas que as águas do rio e do oceano adjacente, em função dos processos relacionados com a circulação hidrodinâmica, que aprisionam os elementos, aumentando a produtividade primária nesses ambientes.

Os estuários são encontrados no mundo todo e em todo tipo de clima correspondendo a um ambiente costeiro em conexão com o oceano, podendo ser subdividido em zonas distintas, com limites dinâmicos que podem variar sazonalmente de acordo com a intensidade e a variabilidade dos diferentes agentes como a descarga hídrica, regime e amplitude de marés, ventos, circulação da região costeira adjacente (MIRANDA; CASTRO FILHO, 1996).

A evolução destes ambientes sedimentares costeiros depende da interação entre parâmetros hidrodinâmicos, sedimentares e morfológicos, e onde a atividade biológica é uma condicionante fundamental. Constituindo meios receptores de sedimentos por excelência, onde os processos evolutivos são extremamente dinâmicos, são importantes zonas de investigação da morfodinâmica atual e fácies deposicionais da história geológica recente. Além disso, os estuários apresentam uma série de potencialidades, mas, ao mesmo tempo, limitações que, quase sempre, são deixadas à margem de qualquer ação em nome do desenvolvimento econômico (BOULHOSA, 2007)

5.2 AMBIENTE FLUVIAL

A descarga hídrica superficial, principalmente os rios constitui o principal processo de transferência de sedimentos do continente para o mar. Estima-se que, na globalidade, o abastecimento fluvial introduza anualmente no meio oceânico cerca de 18,3 bilhões de toneladas de sedimentos, isto é, perto de 86% da totalidade de partículas terrígenas que, todos os anos, em média, chegam ao oceano (DIAS, 2004).

A carga detrítica nos cursos d'água é uma mistura de partículas de várias espécies, tamanhos e formas. Mecanicamente, a espécie da partícula exprime-se pela sua densidade, o tamanho pelo seu diâmetro maior e a forma pela medição da esfericidade. Embora a movimentação detrítica seja o processo fluvial extremamente importante, só pequena parcela de energia do rio é gasta no transporte de carga detrítica. Calcula-se que 95% da energia é consumida pela turbulência interna das águas pela fricção nas paredes do perímetro úmido. (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Segundo Christofolletti (op cit.), uma parcela da carga detrítica dos cursos de água é obtida pela ação erosiva que as águas exercem sobre as margens e fundo do leito. A maior parte, entretanto, é fornecida pela remoção detrítica das vertentes. Por esta razão há muito tempo reconhece-se que o transporte de sedimentos é governado por fatores hidrológicos que controlam as características e o regime nos cursos d'água. Os fatores hidrológicos, cujos mais importantes são a quantidade e a distribuição das precipitações, a estrutura geológica, as condições topográficas e a cobertura vegetal influenciam a formação do material intemperizado na bacia hidrográfica e o carregamento desses materiais até os rios. O fluxo e o transporte de sedimentos constituem respostas aos processos e ao estado de equilíbrio atuante no sistema fluvial.

A sedimentação fluvial inclui os processos de remoção, transporte e deposição das partículas do regolito, envolvendo toda a dinâmica da bacia de drenagem. Toda a bacia fluvial é responsável pelo fornecimento detrítico aos cursos de água que, em conjunto, torna-se o fenômeno natural de maior ocorrência na esculturação da rede de canais e das paisagens encontradas na superfície terrestre. Em virtude de sua atuação o ambiente de sedimentação fluvial é importante para elucidar e interpretar a evolução histórica de paisagens na escala geológica. O conhecimento minucioso das condições de produção, remoção, transporte e deposição dos sedimentos é extremamente importante, porque se refletem nas características das camadas sedimentares que funcionam como sedimentos correlativos e vestígios das condições morfoclimáticas imperantes nas áreas continentais. (CHRISTOFOLETTI, op. cit.)

5.3 ANÁLISE SEDIMENTOLÓGICA

A determinação das propriedades físicas dos sedimentos é de fundamental importância para o entendimento da dinâmica responsável pela formação de depósitos sedimentares. Neste contexto, a propriedade mais importante dos sedimentos é, provavelmente, a dimensão das partículas que os compõem e a quantificação por grandes classes dimensionais. O estudo da distribuição de sedimentos em classes granulométricas recebe a denominação de “*Análise Textural ou granulométrica*” (MARTINS, 2007).

Suguiu (2003) inúmeras 4 razões principais para aplicar a análise granulométrica ao estudo de sedimentos detríticos:

- A granulometria fornece as bases para uma descrição mais precisa dos sedimentos;
- A distribuição granulométrica pode ser característica de sedimentos de determinados ambientes deposicionais;
- O estudo detalhado da granulometria pode fornecer informações sobre os processos físicos, por exemplo, hidrodinâmicos, atuantes durante a deposição; e
- A distribuição granulométrica está relacionada a outras propriedades, como porosidade e a permeabilidade, cujas modificações podem ser estimadas como base nas características granulométricas.

Segundo Martins (op. cit.), a análise das dimensões das partículas é importante, pois permite deduzir indicações preciosas, tais como a proveniência, transporte e ambientes deposicionais. A análise granulométrica consiste na determinação das dimensões das partículas que constituem as amostras e no tratamento estatístico dessa informação. Basicamente, o que é necessário fazer é determinar as dimensões das partículas individuais e estudar a sua distribuição pelo peso de cada classe textural considerada.

Para estudar a distribuição granulométrica das partículas que constituem um sedimento é preciso, obviamente, utilizar uma escala. As primeiras a serem utilizadas foram as escalas milimétricas. Posteriormente foi desenvolvida a escala logarítmica de Wentworth (1922), designada como “escala (ϕ)”, que facilitou a

aplicação dos métodos estatísticos convencionais à sedimentologia, tendo ampla aceitação pela comunidade científica.

Os métodos mais conhecidos para efetuar a análise granulométrica de sedimentos são: o peneiramento a seco, peneiramento via úmida, decantação e centrifugação (separação silte-argila)

A forma mais simples e fácil de visualização da distribuição granulométrica corresponde aos histogramas, onde cada classe textural é representada por uma coluna proporcional à percentagem que essa classe tem na amostra analisada, isto é, a percentagem ponderada dessa classe.

5.4 SEDIMENTOS PELÍTICOS

As classificações simplistas baseadas na classe textural dominante não são suficientemente precisas, pois, em geral, em um sedimento estão presentes várias classes, não obstante uma ser normalmente dominante. No entanto, permite, desde logo, extrair um conjunto valioso de ilações sobre a sua gênese e as características da dinâmica sedimentar a que esteve sujeito (DIAS, 2004).

De acordo com Suguio (1998), o material pelítico é composto por partículas sílticas (0,004 – 0,062mm) e argilosas (menores do que 0,004mm), compondo assim o material fino da escala granulométrica. No presente trabalho, ambas as frações merecem destaque pela sua visível predominância.

5.5 MINERAIS

Minerais são os constituintes básicos das rochas: na maioria dos casos, com ferramentas apropriadas, pode-se separar cada um dos minerais que as constituem. Os geólogos deínam um mineral como uma substância de ocorrência natural, sólida, cristalina, geralmente inorgânica, com uma composição química específica. Poucos tipos de rochas, como os calcários, contêm apenas um mineral (neste caso, a Calcita. Outros tipos, como o granito, são constituídos de vários minerais diferentes (PRESS et. al., 2006).

6 MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO

Nesta etapa foram realizados levantamentos e pesquisas bibliográficas sobre a área de estudos e conceitos teóricos, bem como de consultas a publicações, livros e textos científicos que serviram de suporte técnico na realização das análises realizadas neste trabalho. Além disto, foram levantadas e analisadas bases cartográficas para o reconhecimento prévio da área, além de, também, servirem como referenciais comparativos para os resultados gerados neste presente trabalho.

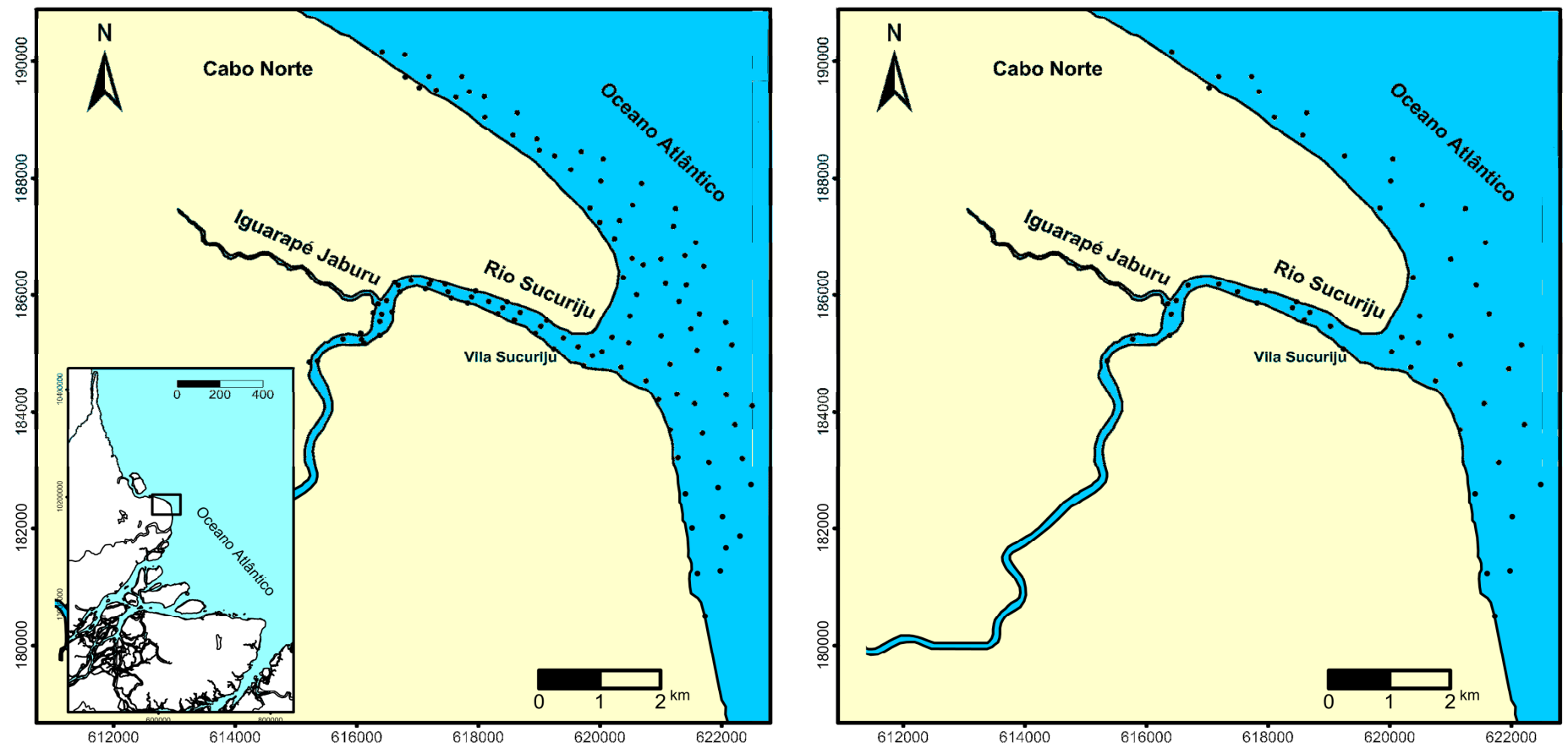
O levantamento apoiou-se na consulta ao acervo da Biblioteca Central da Universidade Federal do Pará (UFPA), na Biblioteca Setorial do Instituto de Geociências (UFPA) e do Laboratório Institucional de Oceanografia Geológica e Geofísica Marinha (LIOG/UFPA). Além disso, foram realizadas consultas a Internet, como os Portais da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES) e sites de busca.

6.2 ETAPA DE CAMPO

A etapa de campo foi realizada no período de 24 de outubro a 03 de novembro de 2007, durante o período de estiagem. Na amostragem foi utilizado um amostrador de fundo pontual confeccionado em aço Inox (draga Perterson) e um GPS Garmim 72CSx, onde foram plotados previamente os pontos da malha amostral, espaçados de 500 e 500m na área adjacente à linha de costa, enquanto que na porção fluvial o espaçamento é de 250 a 250m. Ao todo, foram coletadas 186 amostras, e a partir desta malha foram selecionadas 120 amostras por Sfriendrech (2009) para os procedimentos de eliminação de matéria orgânica, esta mesma malha foi utilizada para a análise granulométrica deste trabalho. Para análise mineralógica foram selecionadas 60 amostras.

Após a amostragem foi feita a descrição macroscópica do sedimento, e posteriormente foram acondicionadas em sacos identificados para serem encaminhadas ao Laboratório Institucional de Oceanografia Geológica e Geofísica Marinha da Universidade Federal do Pará (LIOG/UFPA).

Figura 11: Mapa da localização das amostras de sedimento do rio Sucuriju destinadas à: A- análise granulométrica e B- mineralogia.



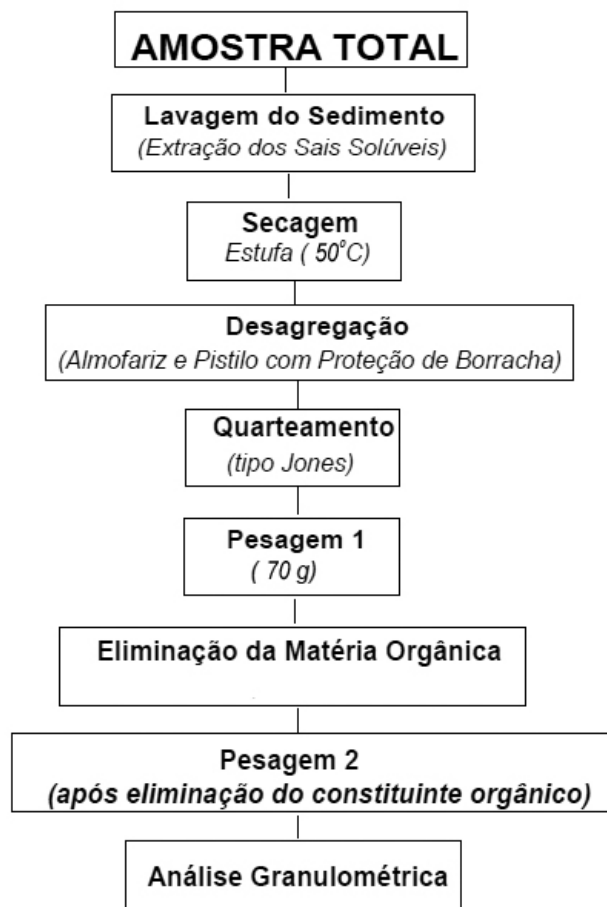
6.3 LABORATÓRIO

6.3.1 Análise Textural

6.3.1.1 Preparação das amostras

Em laboratório cada amostra foi subdividida em duas, sendo que uma parte foi deixada para secar a temperatura ambiente e, em seguida, guardada para compor o banco de dados de amostras do Amapá ou para futuras análises. A parte das amostras destinadas ao presente trabalho foi lavada pelo menos três vezes para a retirada de sais, que poderiam alterar futuras análises granulométricas e/ou reações químicas durante a eliminação de matéria orgânica, segundo determinação dos Protocolos Metodológicos do Projeto PIATAM-MAR (VIEIRA, 2007) (Figura 12).

Figura 12: Fluxograma mostrando a seqüência do tratamento das amostras e análises realizadas (modificado pelo autor).



Em seguida, as amostras foram encaminhadas à estufa para secagem à temperatura de 50°C. Após secas, as amostras foram desagregadas com auxílio de grau e pistilo de porcelana com ponta esmerilhada para não alterar a granulometria da amostra e, em seguida, homogeneizadas e quarteadas. Em seguida pesando-se 70g do material para processamentos futuros.

6.3.1.2 Eliminação de matéria orgânica

A metodologia empregada neste trabalho para a eliminação de matéria foi a de solução de Hipoclorito de Sódio (NaOCl) 4 – 6% p.a , em “banho-maria”. Apesar desta metodologia ser conhecida apenas por sua aplicação na fração argila para a eliminação de matéria orgânica nas amostras destinadas a análises mineralógicas por difratometria de raios-x, a sua eficácia fez com que a mesma fosse utilizada no presente trabalho, tanto para a quantificação quanto para a eliminação de matéria orgânica na amostra total, conforme a adaptação proposta por Sfriendrech (2009), para amostra total.

Primeiramente as amostras foram peneiradas em malha muito superior à esperada para granulometria (500µm), para a eliminação de matéria orgânica macroscópica, como por exemplo, pedaços de galhos e folhas, sem proporcionar a perda de material clástico.

Posteriormente, foram separadas 70 gramas de amostra em um Becker para reagir com 140 ml de solução de Hipoclorito de Sódio (NaOCl) 4 – 6% p.a, com pH a 9,5. O Becker foi aquecido em “banho-maria” (equipamento Rottermann - Labortechnik) com água fervente ($\pm 100^{\circ}\text{C}$) por 1 hora e 10 minutos para que a ação do NaOCl fosse potencializada (Figura 13). Em seguida, esse material foi centrifugado (Centrífuga Sigma 6-15, rotor 12500) a 800 rpm por 10 minutos e o líquido retirado para iniciar o processo de lavagem do material decantado.

Figura 13: Método de eliminação de matéria orgânica por NaOCl em “banho Maria”.



Fonte: Sfrendrech, 2009.

Para a retirada de resíduos de NaOCl, as amostras foram submetidas a 2 etapas de lavagem. Na primeira etapa, adiciona-se 250 ml de Carbonato de Sódio (Na_2CO_3) com pH a 9,5 ao material decantado durante a centrifugação, seguida de novo aquecimento em “banho-maria” por um período de 15 minutos. Após o aquecimento, a amostra foi centrifugada a 800 rpm por 10 minutos e, novamente a porção líquida é retirada. A segunda lavagem consiste em nova adição de 250 ml de Na_2CO_3 , seguida pela homogeneização da solução e uma nova centrifugação a 2500 rpm por 10 minutos, para a retirada do líquido (SFRENDRECH, 2009).

Após esta última centrifugação, as amostras foram retiradas dos tubos da centrífuga e passadas para um Becker de vidro para serem secas em estufa a temperatura de 50°C.

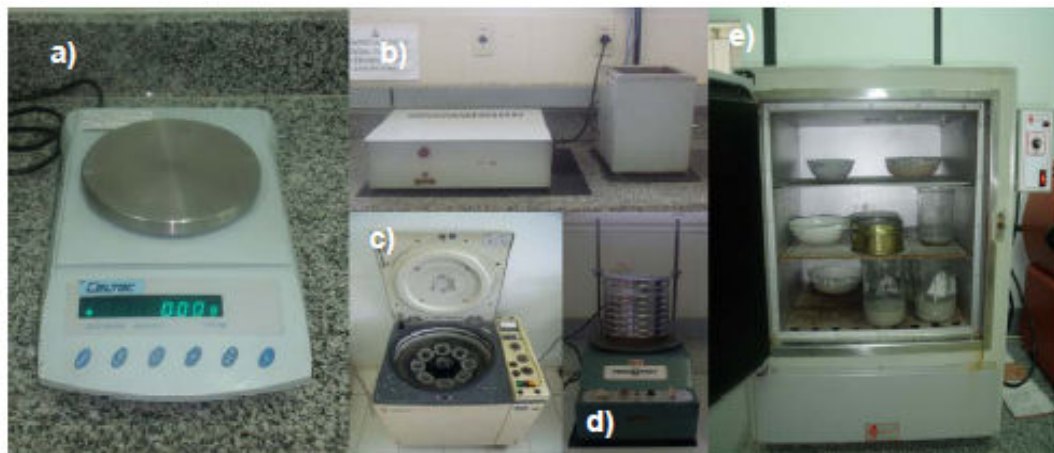
Vale ressaltar que o trabalho de Sfrendrech (op. cit.) foi preliminar para a realização deste presente trabalho, ou seja, o procedimento de eliminação de matéria orgânica foi realizado de forma conjunta com o trabalho do autor citado.

6.3.1.3 Análise granulométrica

Após a eliminação de matéria orgânica, foram pesadas 50 gramas de cada amostra, em uma balança de precisão (Figura 14-a), para a etapa da análise granulométrica. Esta análise se iniciou colocando a amostra de sedimento em um “becker” de 500 ml, onde será adicionado água destilada. Posteriormente, a amostra será levada à bacia de ultra-som (Figura 14-b), e agitada com um bastão de vidro, até que seja obtida uma solução homogênea. Com a amostra já homogeneizada,

iniciou-se o processo de peneiramento a úmido (peneira de 0,063 mm), cujo objetivo foi separar o material pelítico do material tamanho areia. A solução resultante do peneiramento foi submetida à centrifugação (Figura 14-c) com rotação de 1000 rpm durante 2 minutos para a precipitação do silte, que após separado da argila, foi posto p/ secar à 50 °C em estufa (Figura 14-e) e pesado.

Figura 14: Equipamentos utilizados durante a análise granulométrica: a) balança de precisão, b) bacia de ultra-som, c) centrífuga, d) peneirador automático e e) estufa.



Essa metodologia pressupunha, teoricamente, que o silte seria precipitado e o sobrenadante constituído de argila mais água. Porém, foi verificado, nas 20 primeiras amostras a serem analisadas, o processo de floculação que, visualmente, estava acelerando a decantação argila mesmo após a centrifugação. Portanto, estas amostras foram novamente processadas, mas, após o peneiramento a úmido, foi adicionado 50 ml de pirofosfato de sódio (dispersante químico) com concentração de 0,9g/L em cada amostra diluída em 150ml de água destilada para evitar a floculação, fenômeno este que acelera deposição da argila.

A fração Areia (após seca à 50 °C) foi submetida à agitação em peneiras sobrepostas em ordem decrescente de abertura, a intervalos de 1 ϕ na escala logarítmica de Wentworth (1922) (Tabela 1), com auxílio de um peneirador automático RoTap (Figura 14-d), no qual cada amostra foi submetida à agitação por 10 minutos para a separação dos diferentes intervalos de classes granulométricas. O material retido em cada peneira foi pesado separadamente.

A determinação do percentual de argila nas amostras foi realizada através da soma dos pesos das frações areia e silte subtraídas pelo peso total da amostra.

Tabela 1: Escala logarítmica e designações da classificação textural de Wentworth (1922).

Classificação Textural		Escala (phi - ϕ)	Escala (mm)	
Português	Inglês			
Bloco		-9	512	
		-8	256	
Matacão	Cobble	-7	128	
Seixo		-6	64	
		-5	32	
		-4	16	
		-3	8	
		-2	4	
Cascalho	Granules	-1	2	
Areia	Muito Grossa	Very coarse sand	0	1
	Grossa	Coarse sand	1	0,500
	Média	Medium sand	2	0,250
	Fina	Fine sand	3	0,125
	Muito Fina	Very fine sand	4	0,0625
Silte	Grosso	Coarse silt	5	31 μ^*
	Médio	Medium silt	6	15,6 μ^*
	Fino	Fine silt	7	7,8 μ^*
	Muito Fino	Very fine silt	8	3,9 μ^*
Argila	Grossa	Coarse clay	9	2,0 μ^*
	Média	Medium clay	10	0,98 μ^*
	Fina	Fine clay	11	0,49 μ^*
	Muito Fina	Very fine clay	12	0,24 μ^*
Colóide	Colloid	13	0,12 μ^*	

6.3.2 Mineralogia

Todas as leituras de raios-x foram realizadas no Laboratório de Espectometria de Raios-X pertencente ao Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará. As leituras foram feitas em um difratômetro de raios-x marca PANanalytical, modelo X'PERT PRO MPD (PW 3040/60), com Goniômetro PW 3050/60 (Theta/Theta) e com tubo de Co PW3376/00. O detector utilizado é do tipo RTMS, X' Celerator.

Os registros foram obtidos no intervalo de 5° a 65°, com leituras de 2 θ para as amostras totais pulverizadas e, no intervalo 3° a 36° para as amostras de argilominerais. A identificação dos minerais foi feita com auxílio do software *X'Pert Data Collector*, versão 2.1^a, e o tratamento dos dados realizado com o software *Origin* versão 6.1^a.

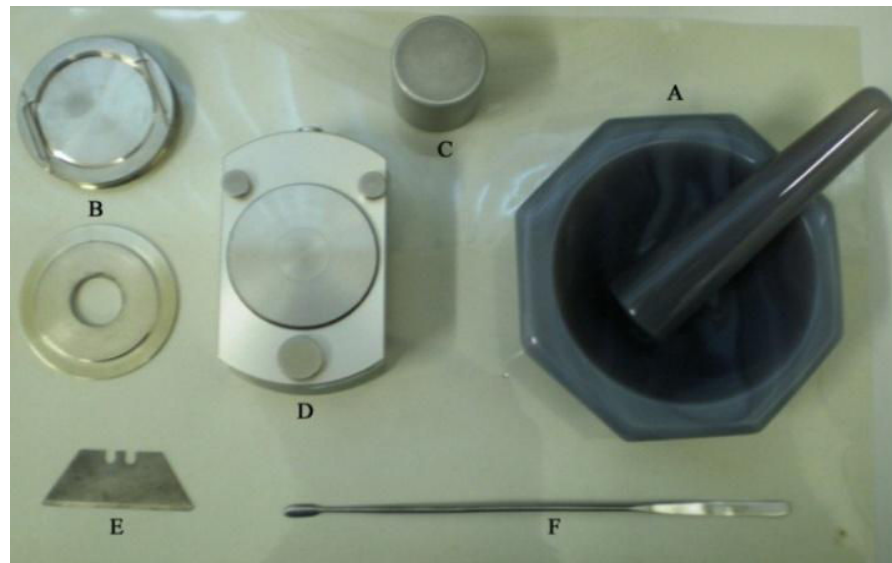
Neste presente trabalho será realizada a integração de dados com o intuito de complementar e aprofundar os estudos acerca da assembléia mineralógica na região da foz do rio Sucuriju.

6.3.2.1 Rocha Total

Foram selecionadas 30 amostras, isentas de matéria orgânica (para que não ocorram possíveis alterações nas leituras), para serem submetidas à análise de rocha total. Foram utilizados os resultados de 11 amostras realizadas por Ssfrendrech (2009) e 19 amostras de rocha total realizadas por Xavier (2009), totalizando 60 amostras analisadas (Figura 12-b).

Para a preparação, foram utilizados aproximadamente 2 g de cada uma das 30 amostras devidamente homogeneizadas. Foram todas pulverizadas em gral de ágata e, então, acondicionadas de forma bem compacta em um porta-amostra para serem lidas pelo difratômetro de raios-X (Figura 15).

Figura 15: Instrumentos utilizados na preparação das amostras para a análise de rocha total:
A) Grau de ágata B) Porta-amostra C) Compactador de amostra D) Suporte para o porta-amostra E) Lâmina F) Espátula.



Fonte: Bosnic, 2008.

6.3.2.2 Argilominerais

A partir da malha das amostras destinadas a granulometria foram selecionadas 40 amostras, de onde foi retirada uma alíquota da suspensão (resultante do procedimento de peneiramento a úmido, para a confecção de lâminas orientadas, segundo o método de “pipette-on-glass” para argilominerais (THOREZ 1976). O método consiste no uso de uma pipeta de 2 ml para a obtenção de uma alíquota do líquido em suspensão, disperso em uma lâmina de vidro limpa resistente a altas temperaturas. Para cada amostra foram realizadas três lâminas: uma seca a temperatura ambiente, outra seca em etileno-glicol onde a amostra foi colocada em dessecador por 48h e na qual se cria uma atmosfera no composto orgânico, saturando-a. A última lâmina foi levada à mufla da marca Quimis e exposta a uma temperatura de 550°C durante o período de 2 horas.

A identificação dos principais grupos de argilominerais por difratometria de absorção de raios-X é baseada na comparação dos picos desses minerais ao serem submetidos aos testes citados acima, onde cada teste exibe um difratograma distinto (MENDES, 1994). A identificação dos minerais foi feita através de comparação dos difratograma dos três tipos de lâminas juntamente com a literatura (MOORE; REYNOLDS, 1997).

6.4 GABINETE

As máscaras representando a área de estudo foram geradas a partir de imagem zulu, Landsat 7, ETM+ de 18/11/2000. Datum WGS84. Sistema UTM. <http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>, georreferenciada em software Arcgis 9.3.

Os dados gerados na análise granulométrica foram submetidos ao método analítico de Folk & Ward (1957), e posteriormente foram confeccionados diagramas (Shepard e Pejrup), o auxílio do software Sysgran 3.0.

Os pontos de coleta foram plotados em uma imagem base, confeccionada no software ArcMap 9.2 a partir de uma imagem de satélite georeferenciada, exportada para o software SUFER 9.0. Juntando os resultados gerados nas análises granulométricas com as coordenadas geográficas podemos analisar a variação desses valores com o espaço. A partir desta integração foi possível a confecção a cartas de distribuição de sedimentos, de acordo com os métodos de Shepard (1954) e Pejrup (1988)

A identificação dos minerais foi feita com auxílio do software *X'Pert Data Coletor*, versão 2.1^a, e os difratogramas foram gerados pelo software *Origin* versão 6.1^a.

7 RESULTADOS

7.1 FRACIONAMENTO GRANULOMÉTRICO

Analisando a percentagem das classes granulométricas pelo método analítico de Folk & Ward (1957) notou-se a predominância da fração silte, com percentuais variando entre 35,77% e 92,73%, com média de 72,78% (Tabela 2). A exceção de duas amostras que mostraram um predomínio de areia, pt-062 e pt-152, com percentuais de areia de 62,8% e 54,5%, respectivamente.

Tabela 2: Percentuais Mínimo, Máximo e Médio das Classes Granulométricas.

Frações	Mínimo (%)*	Maximo (%)*	Médio (%)*
Areia	0,60	62,81	18,60
Silte	35,77	92,73	72,78
Argila	1,42	32,80	8,62

(%)* - Percentual calculado a partir de 50g de amostra.

Com o auxílio do diagrama de Shepard (op. cit.) observa-se que grande parte das amostras de sedimentos varia de silte arenoso a siltico, sendo que três amostras estão enquadradas na convenção de silte argiloso. Em apenas duas amostras (pt-062 e pt-152) houve o predomínio da classe areia, amostras estas enquadradas a convenção de areia siltica.

Avaliando a variação desses percentuais das classes granulométricas espacialmente, através da carta sedimentológica (Figura 16), notou-se a predominância da fração silte, variando de silte arenoso ao silte argiloso; com a exceção de duas áreas: a primeira na região da foz, situada à margem esquerda; e segunda, uma pequena área na zona adjacente ao norte, onde houve o predomínio de areia siltica segundo a classificação de Shepard (1954), ou areia muito fina segundo a classificação de Wentworth (1922).

Com o diagrama de Pejrup (1954) (Figura 17) se observou que a maioria das amostras se enquadraram na convenção de hidrodinâmica muito alta, com a exceção de três (pt-044, pt-062a e pt-111) localizada próximo onde está estabelecida a vila, à margem direita do rio, as quais se enquadram à convenção de silte argiloso. Com base nestes dados foi possível confeccionar o mapa de domínios hidrodinâmicos, representado na Figura, para um melhor entendimento da hidrodinâmica da área estudada.

Figura 16: Carta de distribuição de sedimentos da foz do rio Sucuriju.

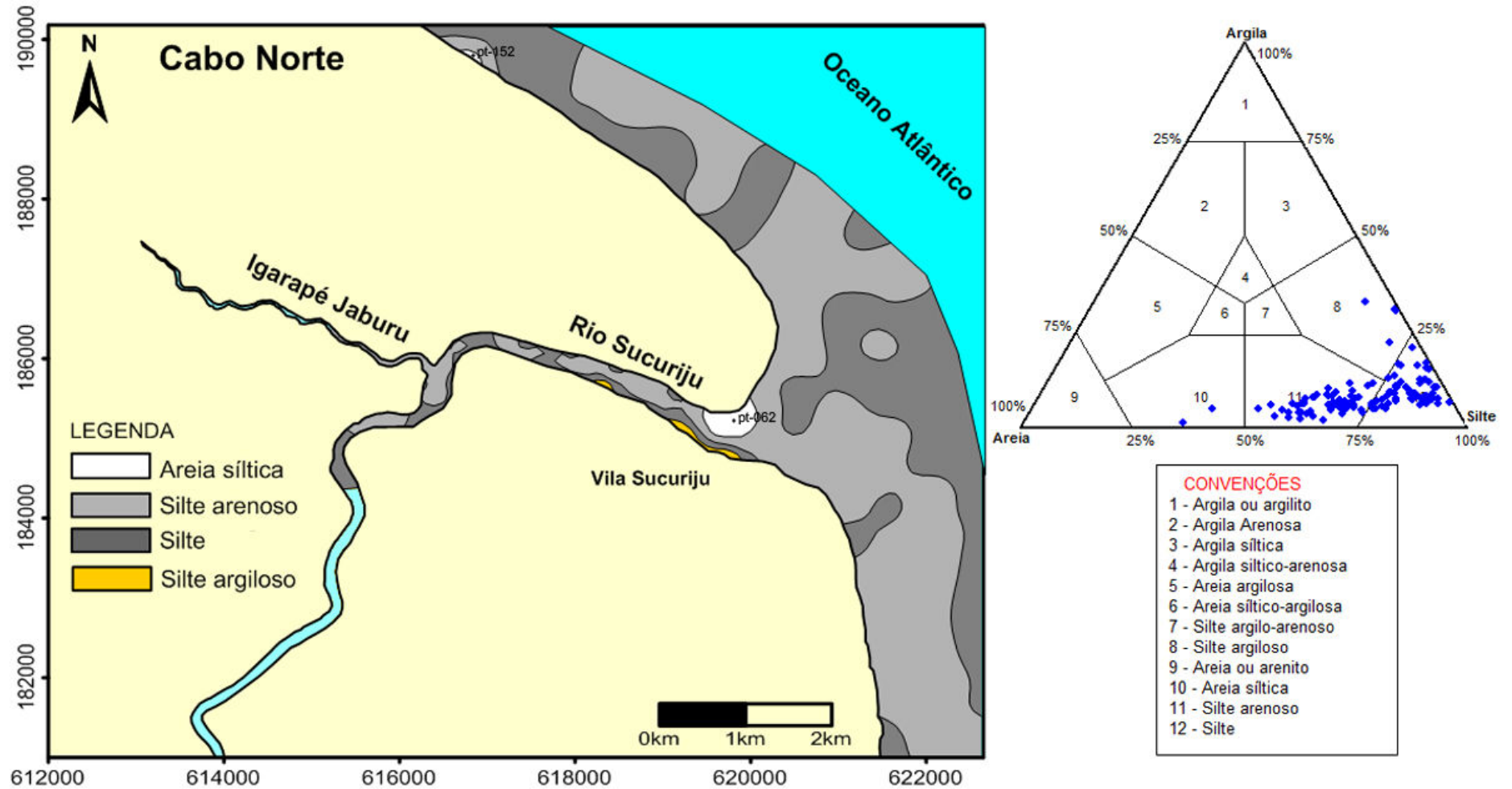
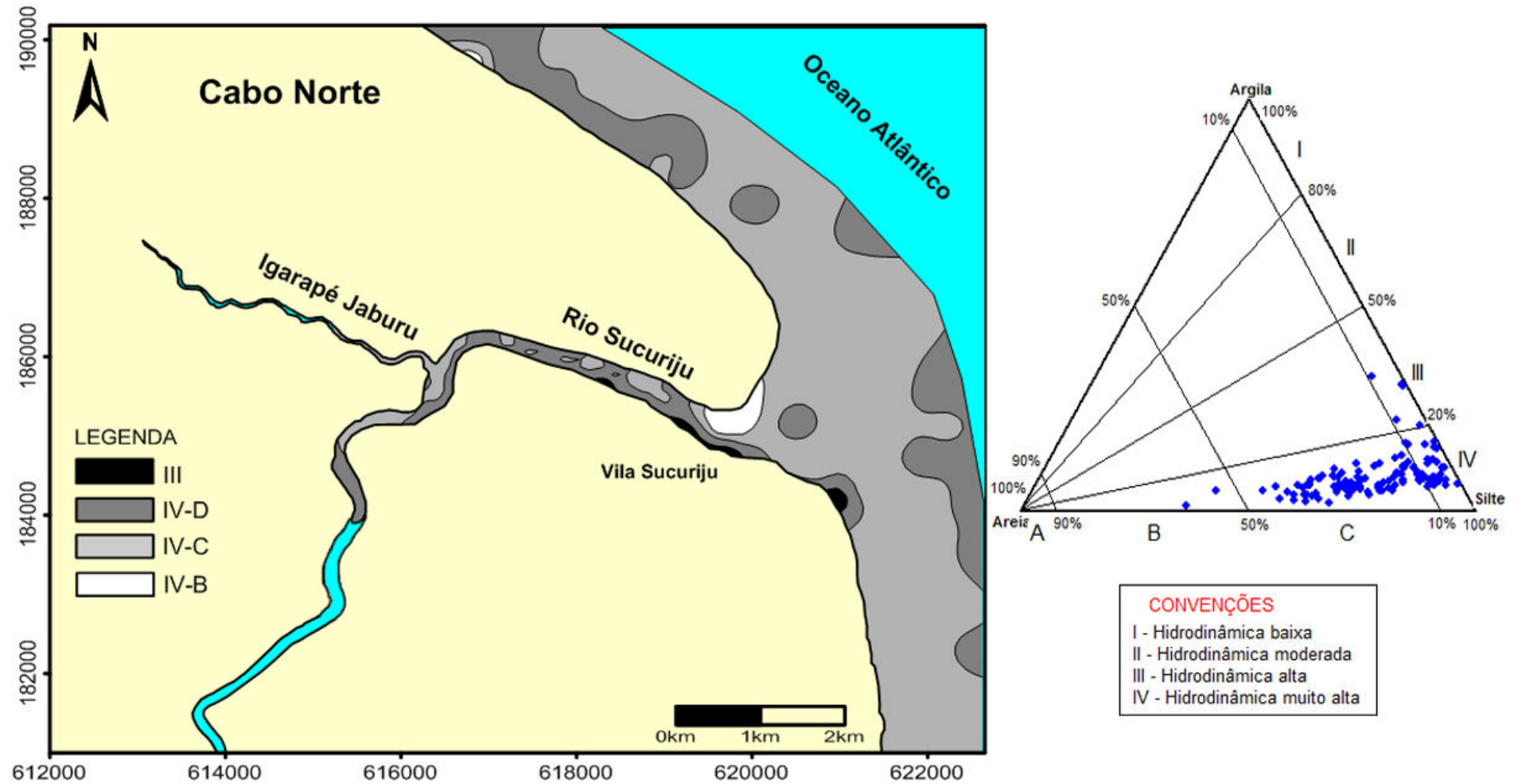


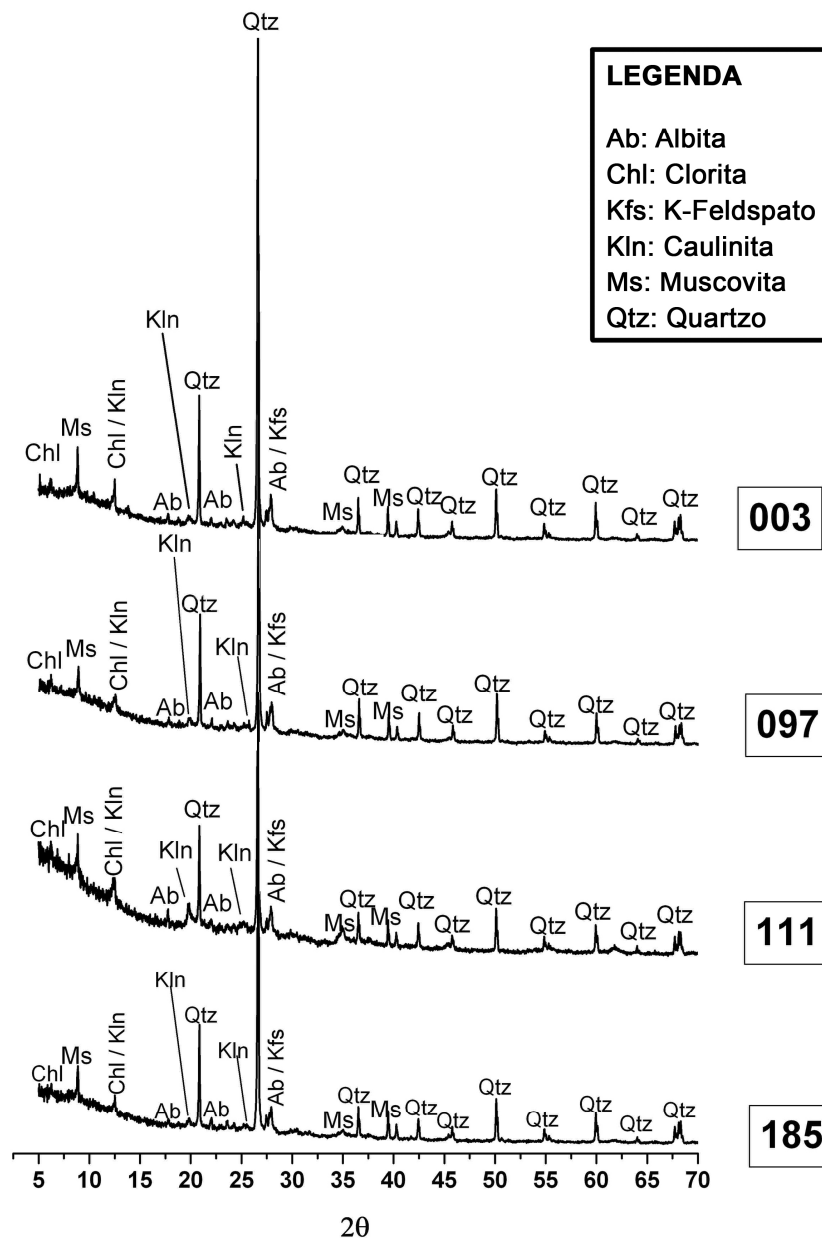
Figura 17: Mapa de domínios hidrodinâmico, confeccionado a partir do diagrama de Pejrup. As letras representam a porcentagem da fração areia: A (>90%), B (50 a 90%), C (10 a 50%) e D (<10%).



7.2 MINERALOGIA

O resultado obtido através das análises de rocha total pode ser visualizado nos difratogramas representados na Figura 18. Esse revelou uma assembléia mineralógica constituída basicamente por clorita (Chl), caulinita (Kln), muscovita (Ms), quartzo (Qtz), albita (Ab), K-feldspato (Kfs). Esta assembléia não demonstrou variação significativa na sua composição ao longo do ambiente. O restante dos difratogramas encontra-se no Anexo C.

Figura18: Difratogramas de raios-x de rocha total.



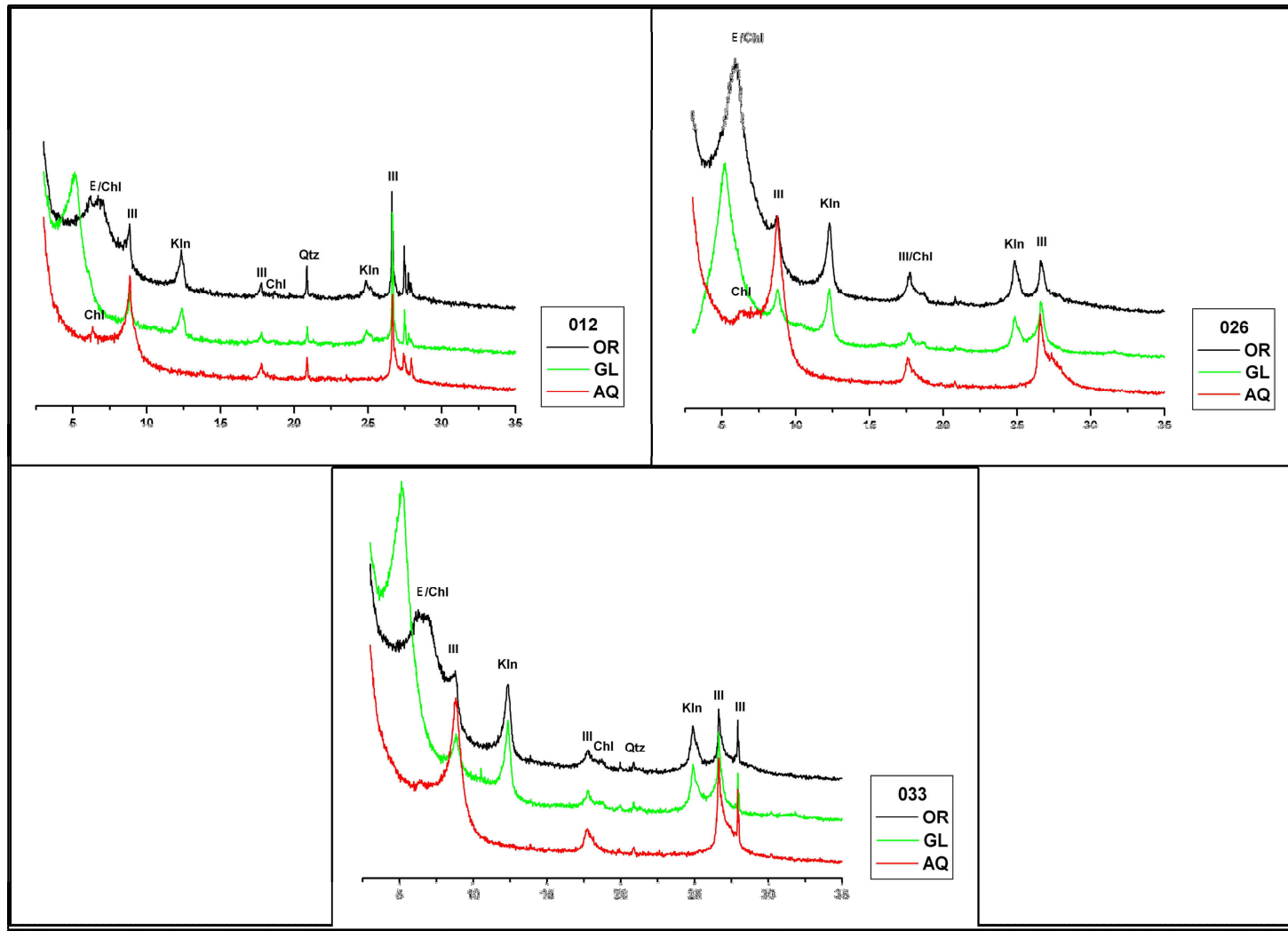
Os registros das lâminas de argilominerais identificaram a presença de illita (Ill), caulinita (Kln), esmectita (E), e clorita (Chl) amostras analisadas. Os resultados obtidos podem ser visualizados na Figura 19, que contém alguns dos difratogramas de raios-x de argilominerais do rio Sucuriçu. O restante dos difratogramas encontra-se no Anexo D.

Analisando o difratograma das lâminas glicoladas, observa-se que há um deslocamento do pico da esmectita para cerca de 5 [2 θ], destacando o pico de illita, fato este que evidencia a presença destes dois minerais nas amostras através da comparação entre os difratogramas da lâmina orientada e a lâmina glicolada.

Ao aquecer a lâmina a 550°C, ocorreram dois fatos relevantes; primeiro, os picos de caulinita desaparecem, e segundo o deslocamento do pico da esmectita (aproximadamente na posição 10 [2 θ]), o que evidencia o pico (6 [2 θ]) de clorita após o aquecimento. Porém, neste método, em algumas amostras, este pico da clorita desapareceu ao aquecimento a 550°C, ilustrado na Figura 20, fato que será melhor discutido no item 8.2.

Vale ressaltar que nessa análise foi observada uma diferenciação entre caulinita e clorita que pode ser visualizada através da duplicidade de picos existente entre aproximadamente 6 a 8 [2 θ] (Figura 21), normalmente estes picos são interestratificados, com a visualização de pico único.

Figura19: Difratomogramas de raios-x de argilominerais.



LEGENDA:
 Chl: Clorita III: Illita Kln: Caulinita E: esmectita Qtz: Quartzo

LÂMINA:
 OR: Orientada GL: Glicolada AQ: Aquecida

Figura 20: Difratoograma de raios-x de argilominerais dos pontos pt-018, em destaque o desaparecimento dos picos de clorita (Chl) na amostra aquecida.

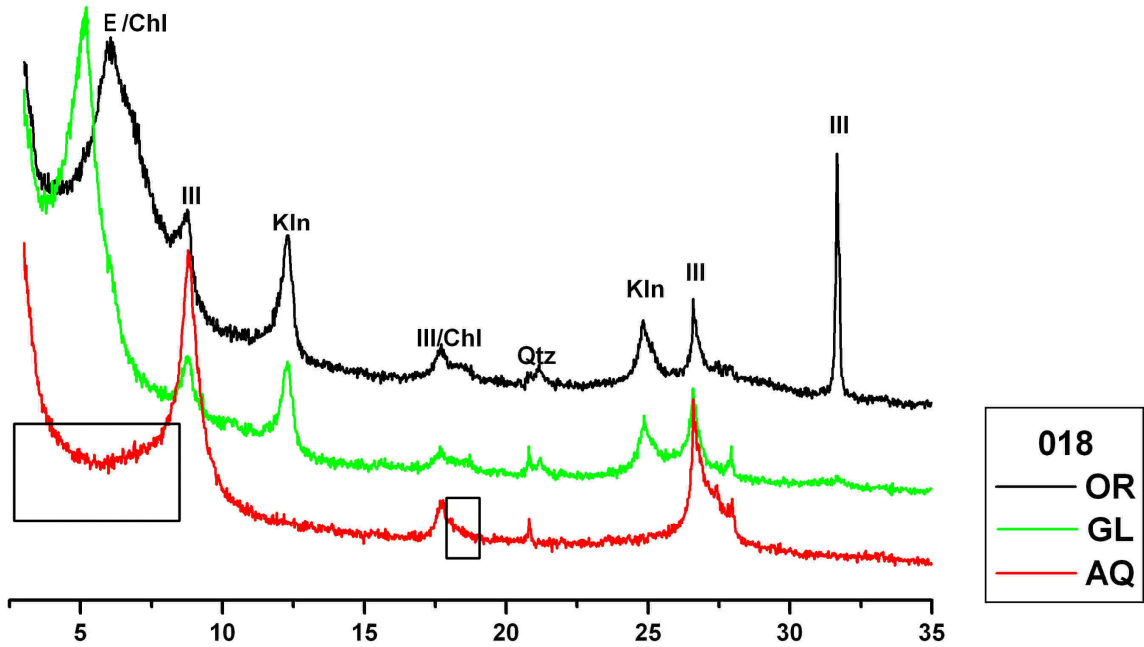
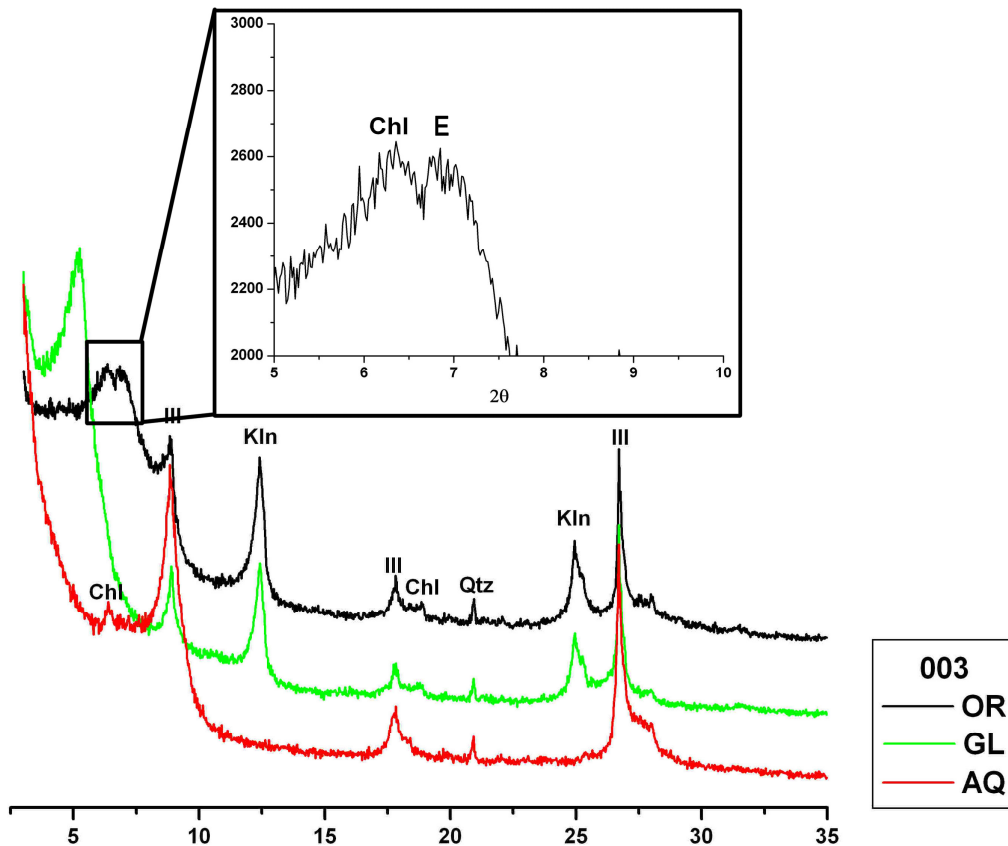


Figura 21: Difratoograma de raios-x de argilominerais dos pontos pt-003, em destaque a duplicidade dos picos de clorita (Chl) e Esmectita (E).

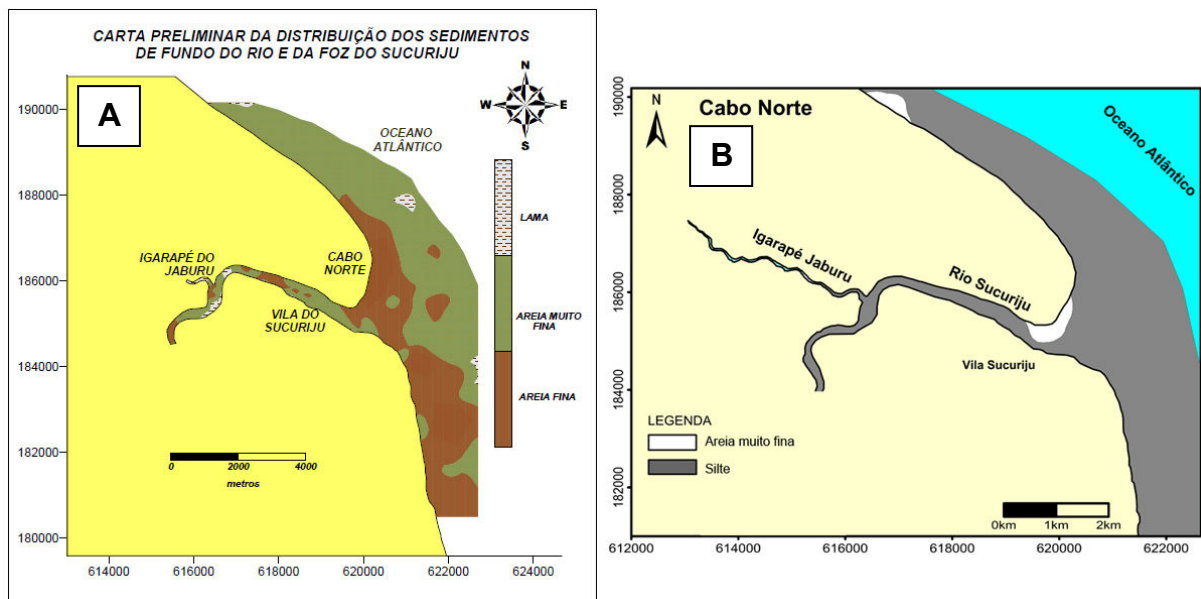


8 DISCUSSÃO

8.1 FRACIONAMENTO GRANULOMÉTRICO

Comparando a carta preliminar da distribuição dos sedimentos (TAKIYAMA, 2008), confeccionada a partir dos dados da descrição macroscópica em campo, e a carta confeccionada a partir dos dados provenientes da análise granulométrica, nota-se que houve muita defasagem entre as cartas, principalmente em relação aos depósitos de areia, bem mais abundantes na primeira carta, e lama, predominantes na segunda carta com a fração silte, que pode ser visualizada na Figura 22.

Figura 22: Comparação entre A- Carta preliminar da distribuição de sedimentos, confeccionada a partir da descrição macroscópica em campo e B- Carta de predominância dos sedimentos (Confeccionado pelo Autor).



Os percentuais das classes granulométricas mostraram uma distribuição homogênea dos sedimentos de fundo, com a predominância da fração silte, tanto nas zonas mais interiores do rio quanto nas zonas adjacentes; com a exceção de dois locais; o primeiro correspondente a um banco de areia na região da foz situado à margem esquerda, ilustrado na Figura 23, exposto a baixa-mar. O segundo local é uma pequena área na zona adjacente ao norte onde há o predomínio de areia muito fina.

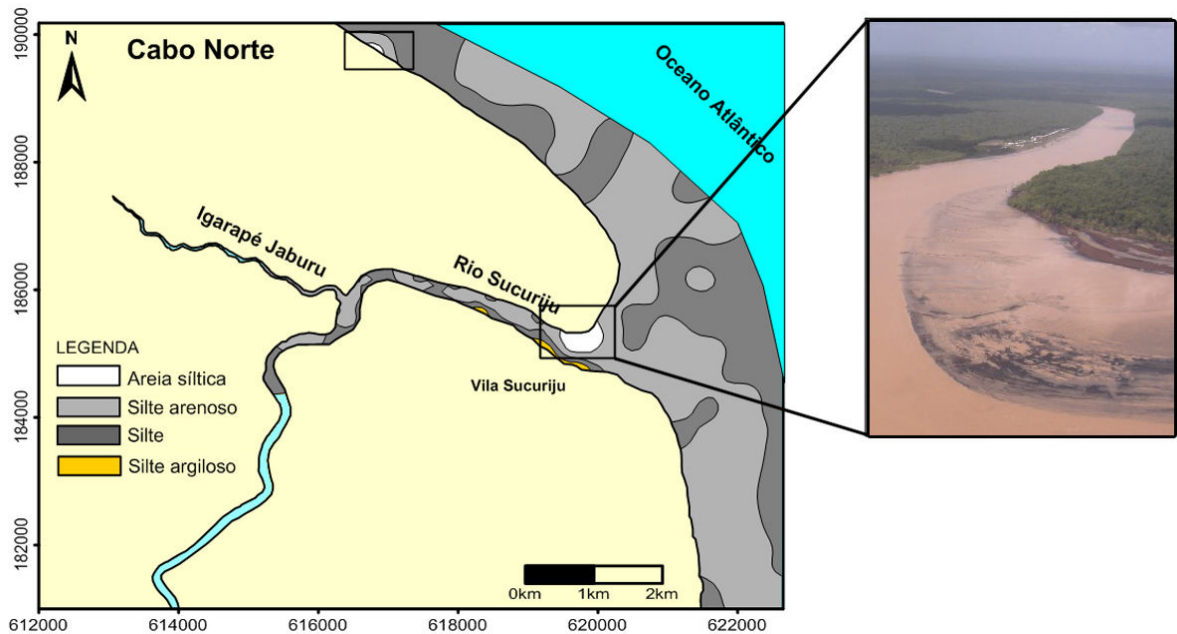


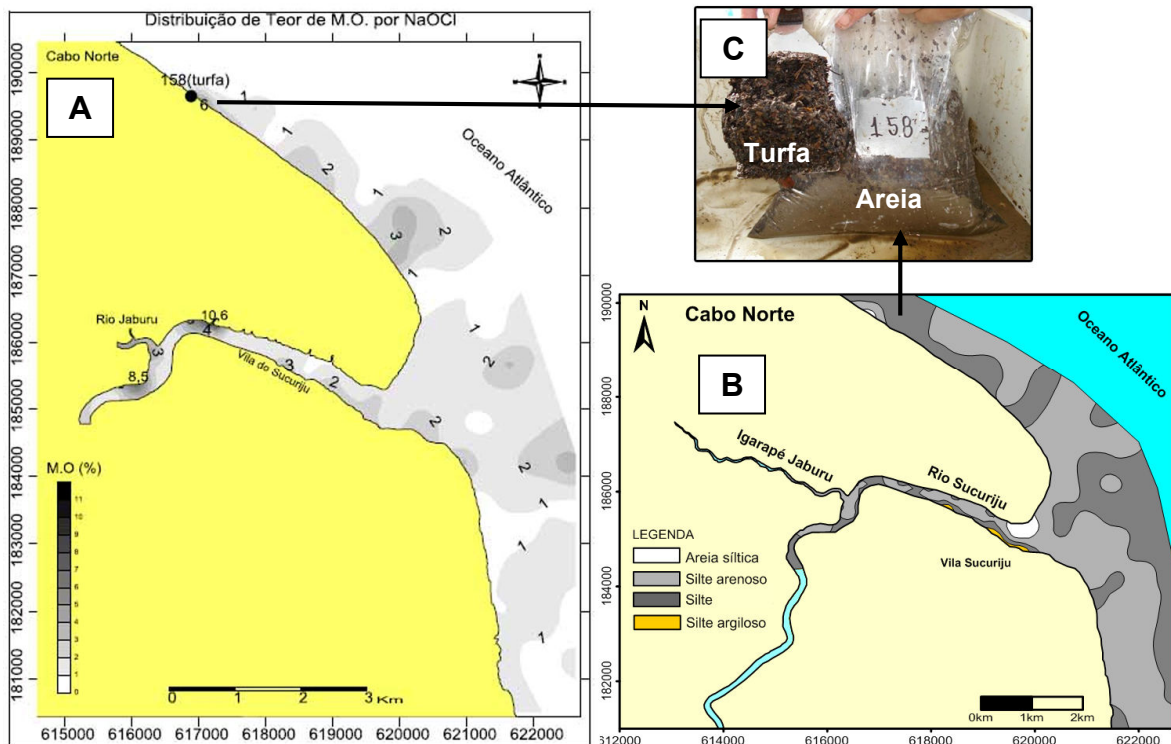
Figura 23: Carta sedimentológica da foz do rio Sucuriçu, em destaque os bancos de areia.

Devida a ação de correntes, a pluma do Sucuriçu é desviada para Norte, isso explica a maior erosão da margem esquerda do rio, onde há a formação de um grande banco de areia em sua foz. Em contra partida, na margem direita, há uma maior deposição de sedimentos pelíticos (silte e argila), localizada próximo onde está estabelecida a vila Sucuriçu, o que a enquadra como sendo uma área de menor hidrodinâmica (ver Figura 17), em relação às demais, de sedimento silte argiloso. Estas características, provavelmente, foram cruciais para o estabelecimento da vila Sucuriçu à margem direita do rio.

Comparando os dados de teor de matéria orgânica no sedimento de Sfrendrech (2009) com a distribuição de sedimentos, nota-se que os maiores teores de matéria orgânica estão localizados no interior do rio, próximos a foz do Igarapé Jaburu, um dos principais aportes de matéria orgânica para o Sucuriçu. Há a presença de dois picos, anterior e após a foz do Igarapé, associados ao sedimento siltico, o que nos leva a concluir que há deposição de matéria orgânica e sedimentos finos durante os estofos de vazante e enchente. Outra comparação a ser feita é o fato de que ao longo da margem direita há maiores percentuais de matéria orgânica, associado à menor hidrodinâmica e a maior deposição de argilas nessa área (ver Figura 24).

Segundo Semensatto-Jr et al. (2007) e Coelho-Jr (2003), o alto teor de matéria orgânica relaciona-se à alta proporção de argila/silte, às quais os metais freqüentemente estão associados ou adsorvidos. Isso se deve ao alto poder que os sedimentos finos têm de adsorver tanto metais quanto matéria orgânica, que depositam por floculação. Contrapondo este padrão está à amostra pt-158, na qual há um alto teor de matéria orgânica onde há o predomínio de areias, isto se deve aos depósitos de turfas, comuns nesta região, que provavelmente estavam sobrepostas por uma camada de areia, em destaque na Figura 24-C.

Figura 24: Comparação entre A- Mapa de distribuição de teor de matéria orgânica (SFRENDRECH, 2009) e B- Carta de distribuição de distribuição espacial dos sedimentos (Confeccionado pelo Autor). Em destaque o C- deposito de Turfa juntamente com o de areia.



8.2 MINERALOGIA

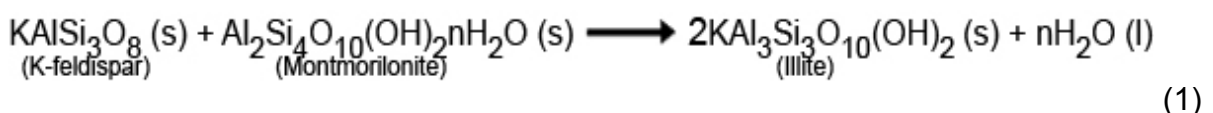
Os resultados obtidos através da análise de rocha total revelaram uma assembléia mineralógica concordando com os resultados de SFRENDRECH (2009) e XAVIER (2009), composta basicamente por quartzo (Qtz), albita (Ab), K-feldspato (Kf), muscovita (Ms), esmectita (E), caulinita (Kln) e clorita (Chl).

Os registros das lâminas de argilo-minerais identificaram a presença de illita (Ill), caulinita (Kln), Esmeclita (E) e clorita (Chl), visualizados na Figura 19. Todas as demais amostras analisadas apresentaram a mesma mineralogia, com a exceção do argilomineral clorita, que desaparece (em aproximadamente 6 [2θ]) em algumas amostras ao aquecimento a 550°C (Figura 20). Xavier (2009) observou que a clorita não era registrada nas leituras de 4θ, para argilominerais. Bosnic (2008) comenta em seu trabalho que a ausência de clorita nos difratogramas de argilominerais pode refletir uma quantidade muito pequena do mineral nas amostras.

Em contrapartida, Mendes (1994) constata em seu trabalho cloritas com baixo grau de cristalinidade, encontradas em sedimentos recentes, solos e produtos de intemperismo, podem ser decompostas a uma temperatura de 450°C. Esta situação leva a uma incógnita, uma vez que o principal critério para diferenciar os picos de caulinita é o tratamento termal na faixa de 450-500°C que decompõe a caulinita, mas pode também destruir a clorita (THOREZ, 1976).

Segundo Libes (2009), a clorita é o argilomineral dominante em sedimentos de altas latitudes, onde o intemperismo químico é mínimo decorrente às baixas temperaturas. Já em zonas tropicais, a clorita é um mineral instável, facilmente degradado pelo intemperismo químico, bastante atuante em regiões de clima tropical, como é o caso do Amapá, onde há intenso regime de chuvas; tendo a caulinita como o argilomineral. Porém, a presença da clorita nos difratogramas evidência alto grau de cristalinidade deste mineral, devido à proximidade da área fonte (embasamento ígneo do estado do Amapá). Não se destaca, entretanto, a presença dessa última, especialmente de variedades degradadas (baixo grau de cristalinidade).

A presença da illita pode ser indício de processos autigênicos. LIBES (op. cit.) equacionou a transformação química entre K-feldspato e montmorilonita (Grupo Esmeclita) formando illita, eq. (1):



Mendes (1994) afirma que a esmeclita ocorre em grande quantidade em qualquer ambiente deposicional sob condições alcalinas e redutoras.

A assembléia mineralógica corrobora a forte e complexa hidrodinâmica da região devido à mistura de fontes de sedimentos maduros, representadas pelos

minerais quartzo e caolinita, provenientes de intenso intemperismo; de sedimentos imaturos, representados pela albita e K-feldspato, além de fontes próximas das áreas de deposição, representadas pela muscovita (Figura 25).

Figura 25: Mineral muscovita ressuspensando em depósito de areia, em zona intermaré.



Foto: Odete Silveira

A assembléia registrada no rio Sucuriju assemelha-se muito com a assembléia registrada por BOSNIC (2008) no Cinturão Lacustre Oriental, indicando possível interação entre os dois ambientes, como proposto no esquema de circulação de TAKIYAMA; SILVEIRA (2007), ilustrado na Figura 26.

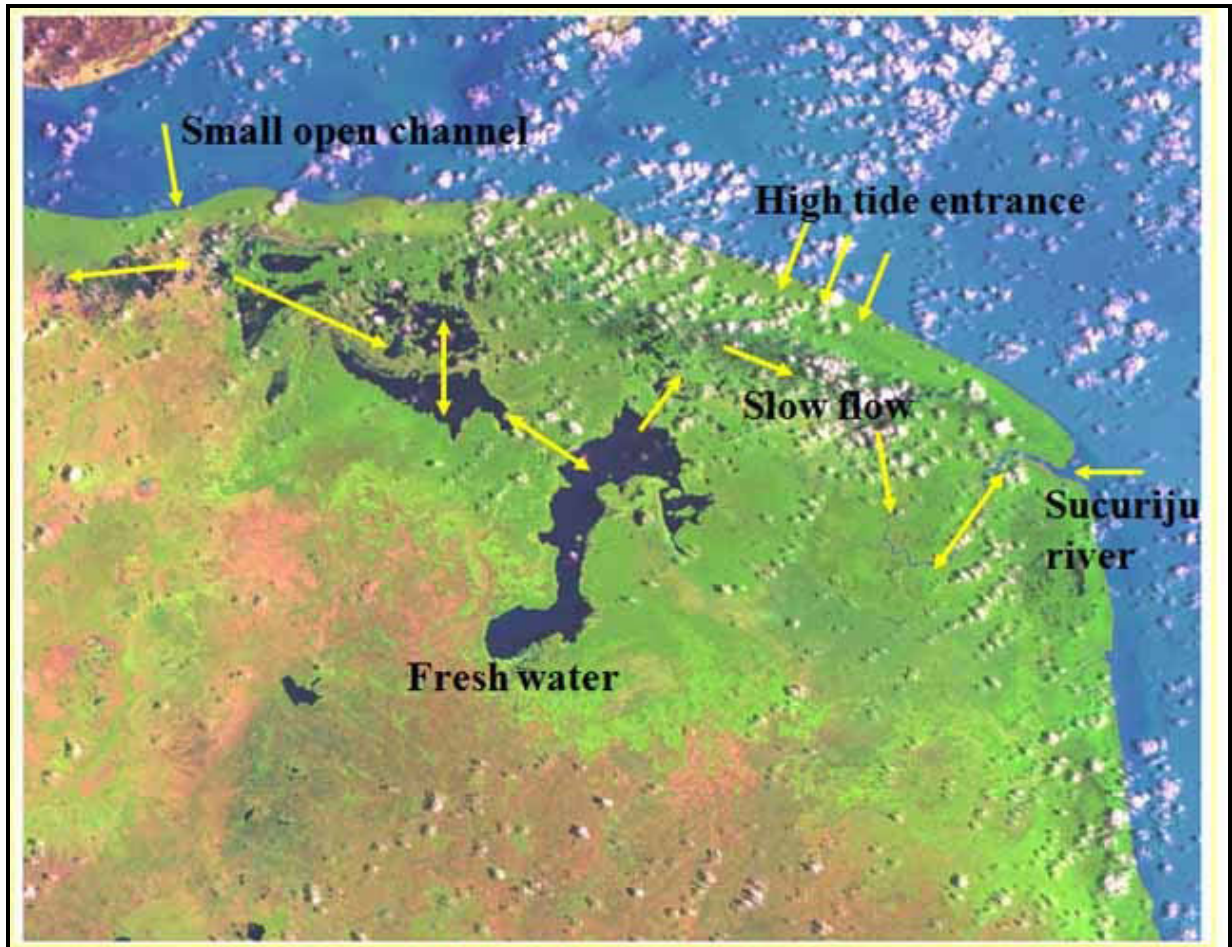


Figura 26: Proposta de esquema representando a circulação da água na região do Lago Piratuba. Observe os três principais pontos de contato direto com as águas costeiras: o pequeno canal aberto, a entrada da maré alta e o rio Sucuriju.

Fonte: TAKIYAMA & SILVEIRA, 2007.

9 CONCLUSÃO

A comparação das cartas de distribuição de sedimentos, preliminar e final, mostrou que há defasagem entre os resultados para a área de estudo, principalmente em relação aos depósitos de areia e lama, chamando a atenção para importância das análises laboratoriais para uma interpretação sedimentológica mais precisa.

Através da relação do tamanho dos grãos e a predominância das classes granulométricas, foi possível aferir que a foz do rio Sucuriçu é um ambiente com hidrodinâmica muito alta, devido as diversas forçantes (já referenciadas neste trabalho) que regem este ambiente, e de distribuição espacial dos sedimentos variando de uma margem para outra na região da foz; mas, de uma forma geral, com o predomínio da fração silte, tanto nas áreas adjacentes ao rio quanto no seu interior.

A maior deposição de argila nas proximidades da vila (margem direita da foz do rio) acontece devido esta área possuir uma menor hidrodinâmica, em comparação às demais áreas. Este fato leva ao entendimento da preferência desta margem para o estabelecimento da vila. Entretanto, na margem esquerda há a formação de um grande banco de areia devido à maior erosão ocorrente nesta margem, decorrente da deflexão da pluma do rio para Norte.

Este trabalho vem corroborar a hipótese de que a foz do rio Sucuriçu se caracteriza por ser um ambiente muito dinâmico, assim como toda a zona costeira amapaense, devido a todas as forçantes já citadas neste trabalho.

A integração da distribuição sedimentar com o teor de matéria orgânica foi possível concluir que o igarapé Jaburu é um dos principais aportes de matéria orgânica para a região da foz do rio Sucuriçu. Além disso, se pode constatar a relação entre a deposição de argila com a matéria orgânica, predominante à margem direita.

A presença de alguns minerais permitiu caracterizar a área:

- A caolinita é mais abundante por se tratar de uma área de clima tropical, com alto índice pluviométrico e intemperismo químico intenso;
- A presença dos minerais muscovita e clorita se dá devido à proximidade da área de estudo com as rochas do embasamento;

- A esmectita indica condições alcalinas e redutoras no ambiente.
- E a presença de Illita pode ser indicio de processos autigênicos, resultantes de transformações químicas entre K-feldspato e montmorilonita (Grupo esmectita).

Os difratogramas de minerais interpretados neste trabalho coincidem com os trabalhos anteriores (MENDES, 1994; BOSNIC, 2008; SFRENDRECH, 2009; XAVIER, 2009). Além disto, comprova que a assembléia mineralógica do rio Sucuriçu relaciona-se com a assembléia mineralógica do Cinturão Lacustre Oriental, corroborando a hipótese de um transporte de sedimentos do ecossistema lacustre para o fluvial, devido a conexão do igarapé Jaburu (afluente do rio Sucuriçu) com a região de planície de inundação do lago piratuba. Além disso, A forte hidrodinâmica é um fator crucial, que permite a interação e mistura de minerais de pelo menos 3 fontes diferentes (sedimentação andina, embasamento cristalino e Cinturão Lacustre Oriental), em diferentes estágios de maturação.

REFERÊNCIAS

- ALLISON, M.A.; NITTROUER, C.A.; KINEKE, G.C. Seasonal sediment storage of mudflats adjacent to the Amazon River. **Marine Geology**, v. 125, p. 303-328. 1995.
- BEZERRA, P. E. L. et al. Amazônia Legal: zoneamento das potencialidades e dos recursos naturais. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA & SUDAM. **Projeto zoneamento das potencialidades dos recursos naturais da Amazônia Legal: geologia, solos e vegetação**. Rio de Janeiro, 1990.
- BISCAYE, P.E. Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clay in the Atlantic ocean and adjacent seas and oceans. **Geological Society of America Bulletin**, v.76, p.803-832.1965.
- BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; GONÇALVES, J. H.; BAARS, F. J.; DELGADO, I. D. M.; ABRAM, M. B.; L NETO, R.; MATOS, G. M. M. D.; SANTOS, J. O. S. **Mapas de Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: Sistema de Informações Geográficas – SIG**. Brasília: CPRM, 4 CD-Rom. 2001 (Escala 1:2 500 000).
- BOAVENTURA, F. M. C.; NARITA, C. Geomorfologia da folha NA/NB-22-Macapá. In: **Projeto RADAM. Folha NA/NB-22-Macapá: geologia, geomorfologia, solos, vegetação, uso potencial da terra**. Rio de Janeiro: DNPM, 1974. (Levantamento dos Recursos Naturais, 6).
- BOSNIC, I. **Caracterização morfo-sedimentar e aspectos geoquímicos da deposição recente dos lagos Escara e Trindade, REBIO do Lago Piratuba-AP**. 2008. 110f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia). Universidade Federal do Pará, Belém – PA, 2008.
- BOULHOSA, M. B. M. **Morfologia, sedimentologia e índices de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo na região portuária de Vila do Conde – Barcarena – PA**. Belém: PCI/MPEG, 2007. (Relatório do Programa de Capacitação Institucional).
- CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS – CPTEC. **Gráfico da média anual da precipitação e temperatura no Estado do Amapá** Disponível em <http://www.cptec.inpe.br/clima/monit/monitor_brasil.shtml>. Acesso em: 17, mar de 2008.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.

COELHO-JR. C. **Ecologia de manguezais: zonação e dinâmica da cobertura vegetal em gradientes ambientais**. 2003. 166 f. Tese de Doutorado em Oceanografia Biológica, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS (CPRM). **Carta geológica Folha NA/NB.22**. Disponível em <<http://mapoteca.cprm.gov.br/programas/template.php>>. Acesso em 15, mar de 2008.

COSTA NETO, S. V.; SILVA, M. S.; CARVALHO, R.; SILVA, R. **Vegetação do setor Costeiro Estuarino do Estado do Amapá**. Macapá, IEPA, 2003. 91p.

COSTA NETO, S.V. et al. Dinâmica e estrutura dos manguezais do rio Sucuriju, Amapá, Brasil. In: MANGROVE, 1., 2003, Salvador. **Articulando pesquisa e gestão participativa de estuários e manguezais**: resumos... Salvador: UFBA, 2003. p. 60.

COSTA NETO, S.V.; SENNA, C.S.F.; COUTINHO, R.S. Vegetação das áreas Sucuriju e Região dos Lagos no Amapá. In: **Projeto de conservação e utilização sustentável da diversidade biológica brasileira – PROBIO**. Macapá, AP. Relatório Técnico-Científico Meio Físico, 2006.

COSTA, W.J.P. **Sedimentação Recente e Condições Físico-Químicas das Águas do Lago Novo, Cabo Norte, AP**. 74p. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1997.

DIAS, J. A. **A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos**. Faro: Universidade do Algarve, 2004. 84p.

DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN). **Marinha do Brasil**. Disponível em <https://www.mar.mil.br/dhn/dhn/index.html> acessado dia 25 de novembro de 2010.

FOLK, R. L., WARD, W. C. 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, 27: 3-27.

FONSECA, C.A.; PATTI, J.R.; CAMPOS, E.J.D.; SILVEIRA, I.C.A. da. **Estudo numérico dos vórtices emitidos pela corrente Norte do Brasil**. São Paulo – SP: Laboratório Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP). 2000.
HERZ, R. **Manguezais do Brasil**. São Paulo: USP. 1991.

KHOURY, P.T.T. **Mineralogia dos sedimentos holocênicos da Planície Costeira do Amapá (Transect Calçoene – Praia do Goiabal)**. 1995. 63f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia). Universidade Federal do Pará, Belém - PA, 1995.

KRAUSKOPF, K.B. **Introdução à geoquímica I**. São Paulo: Polígono S.A, 1972. 294p. Tradução de Michal Lando e Paulo S.C. Bogus.

LEUDMANN, E. F.; **Preliminary results of drift-bottle releases and recoveries in the Western Tropical Atlantic**. Bol. Inst. Oceanografia. São Paulo, n. 16: p13-22. 1967.

LIBES, S. M. Clay minerals and other detrital silicates. In: _____. **An introduction to marine biogeochemistry**. 2nd Ed. San Diego, California: Academic Press, 2009. p. 351-372

LIMA, M.I.C. et al. Geologia da Folha NA/NB.22 – Macapá. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAM. **Folha NA/NB.22 – Macapá: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro: DNPM, 1974. (Levantamento de Recursos Naturais, 6).

LIMA, M.I.C.; BEZERRA, P.E.L.; ARAÚJO, H.J.T. Sistematização da geologia do estado do Amapá. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 3., 1991, Belém. **Anais...** Belém, SBG-Núcleo Norte, 1991. p. 322-335.

MARTINS, S. E. M. **Caracterização sedimentológica de fundo da área de influência do porto de Vila do Conde - margem Leste do rio Pará, Barcarena/PA**. 2007. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia). Faculdade de Oceanografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.

MEADE, R.H., DUNNE, T.; RICHEY, J.E.; SANTO, U. D. M; SALATI, E. .Storage and remobilization of suspended sediment in lower Amazon River of Brazil. **Science**, 228:488-490. 1985.

MENDES, A.C. **Estratigrafia e mineralogia do recente na região da ilha de Maracá-Amapá**. 1990. 38f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia). Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará. Belém, 1990.

MENDES, A.C. **Estudo sedimentológico e estratigráfico de sedimentos holocênicos na Costa do Amapá**. 1994. 269f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém - PA, 1994.

MIRANDA, L. B.; CASTRO FILHO, B. M. . On The Salt Transport In The Cananéia Sea During A Spring Tide Experiment. **Revista Brasileira de Oceanografia**, São Paulo, SP, v. 44, n. 2, p. 123-133. 1996.

MIRANDA L.B., CASTRO B.M., KJERFVE B. **Princípios de oceanografia física de estuários**. Editora da Universidade de São Paulo, 2002. São Paulo, 411 p.

MOORE, D.M.; REYNOLDS, R.C. **X-Ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals**. 2ed. Oxford University Press, 1997. 400p.

NOVELLI, Y. S.; MOLLERO, G. C. **Expedição nacional aos manguezais do Amapá - Ilha de Maracá**. São Paulo: IO/USP, 1988. 99p. (Relatório Técnico).

PEJRUP, M. The triangular diagram used for classification of estuarine sediments: a new approach. In: BOER, P.L.; van GELDER, A.; NIO, S.D. (Ed). **Tide-influenced sedimentary environments and facies**. Dordrecht: D.Reidel, 1988. p.289-300.

PINHEIRO, R. V. L. **Estudo hidrodinâmico e sedimentológico do estuário Guajará (PA)**. 1987. 164f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Belém - PA. 1987.

PRESS, F; SIEVER R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T. H. **Para entender a terra**. 4 ed. – Porto Alegre: Bookman, 2006.

REINSON, G. E. Transgressive barrier island and estuarine systems. In: WALKER, R. G.; JAMES, N. P. (eds.). **Facies models: Response to Sea Level Change**. Hamilton: Geological Association of Canada; 2 ed., 1992. p. 179-191.

SANTOS, V. F. **Análise textural e mineralógica dos sedimentos arenosos do baixo curso do rio Araguari, Cabo Norte, Amapá**. 1994. 71f. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Belém, 1994.

SANTOS, V. F. **Ambientes costeiros amazônicos: avaliação de modificações por sensoriamento remoto**. 2006. 306p. Tese de Doutorado. Universidade Federal Fluminense - UFF. Niterói - RJ. 2006

SANTOS, V.F. **Diagnóstico Abiótico, Biótico e Sócio-Ambiental para a Elaboração do Plano de Manejo da Reserva Biológica do Lago Piratuba**. Sítio V: Cinturão Lacustre Oriental, Batimetria e Sedimentologia. Relatório de Resultados Preliminares. Macapá, AP. 2007. 29p.

SEMENSATTO-JR, D. L.; ARAÚJO, G. C. L.; FUNO, R. H. F.; SANTA-CRUZ, J.; DIAS-BRITO, D. Metais e Não-Metais em Sedimentos de um Manguezal Não-Poluído, Ilha do Cardoso, Cananéia (SP). In: **Revista Pesquisas em Geociências**, v.34, n. 2, p. 25-3. 2007.

SFRENDRECH, D. M. **Comparação metodológica para eliminação de matéria orgânica em sedimentos lamosos: o exemplo em amostras do rio Sucuriju**. 2009. 85f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia). Instituto de Geociências. Universidade Federal do Pará, Belém – PA, 2009.

SHEPARD, F.P. Nomenclature based on sand-silt-clay rations. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 24, n. 3, p.151-158. 1954.

SILVEIRA, O. F. M. **A planície costeira do Amapá dinâmica de ambiente costeiro influenciado por grandes fontes fluviais quaternárias**. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica – Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1998.

SILVEIRA, O. F. M, SILVEIRA, O. T., COSTA NETO, S. V. **História natural das regiões dos lagos e Sucuriju, Amapá, Brasil**. 2004

SILVEIRA, O.F.; SANTOS, V.F. Aspectos Geológicos-Geomorfológicos da Região Costeira entre o Rio Amapá Grande e a Região dos Lagos do Amapá. In: **Projeto de conservação e utilização sustentável da diversidade biológica brasileira – PROBIO**. Macapá, AP. Relatório Técnico-Científico Meio Físico, 2006.

SOUZA FILHO, P. W. M.; EL-ROBRINI, M. 2000. Geomorphology of the Bragança coastal zone, northeastern Pará State. **Revista Brasileira de Geociências** 30: p.522-526.

SPALDING, M.; BLASCO, F. & Field, C. 1997. **World mangrove atlas**. Japão, Okinawa, ISME. 1991

SUGUIO, K. **Dicionário de Geologia Sedimentar e áreas afins**. Rio de Janeiro: Bertrand, 1998. p.222.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. São Paulo: Edgard Blücher, 2003. 400pp.

TAKIYAMA, L. R. ; SILVEIRA, F. M. 2007. An approach to the coastal water circulation in the Piratuba Lake Biological Reservation, Northeast of Amapa State, Brazil. In: **American Geophysics Unions Joint Assembly 2007**, Acapulco, México. Eos Trans. AGU. Wadhington, DC, EUA : AGU, 2007. v. 88. p. OS23D-02.

TAKIYAMA, L. R., **Relatório da etapa de campo do PROJETO Piatam-Mar II**. Macapá, Amapá. 2008.

THOREZ, J. **Practical identification of clay minerals**. Belgique, G. Lelotte. 1976. 9Op.

VIEIRA, S. R. S.; MENDES, A. C.; ALVES, M. A. M. S.; BRAGA, F. P. S. (Ed). **PIATAM-MAR – Protocolo metodológico**: Sedimentologia, v.1, n.12, 24f.. 2007.

WENTWORTH, C. K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, 30: 377- 392.1922.

XAVIER, D. A. **Comportamento geoquímico de carbono, nitrogênio e fósforo no rio Sucuriju**. 2009. 83f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia). Instituto de Geociências. Universidade Federal do Pará. 2009.

ANEXOS

ANEXO A: PLANILHA COM AS COORDENADAS EM UTM DAS AMOSTRAS

Longitude	Latitude	Amostra	Longitude	Latitude	Amostra
616065,323	185338,966	Pt-001	621266,303	184305,199	Pt-091
616378,480	185301,281	Pt-003	621.151,301	184.809,962	Pt-092
616379,333	185536,577	Pt-004	621682,496	183630,315	Pt-094
616268,419	185692,041	Pt-005	621791,991	183135,657	Pt-095
616.351,781	185.847,896	Pt-008	621942,286	182699,584	Pt-096
616486,035	185900,906	Pt-009	622011,491	182199,881	Pt-097
616581,229	185710,556	Pt-010	622069,585	181657,806	Pt-098
616706,508	186049,894	Pt-011	622626,157	181221,122	Pt-100
616681,888	186159,537	Pt-012	622618,104	181687,584	Pt-101
616626,183	186211,963	Pt-013	622566,285	182280,443	Pt-102
616890,589	186248,095	Pt-015	622481,921	182754,109	Pt-103
617130,848	186104,052	Pt-017	622216,624	183789,806	Pt-105
617188,730	186182,262	Pt-018	622073,263	184296,473	Pt-106
617450,248	186179,809	Pt-020	621957,328	184730,684	Pt-107
617496,475	186049,533	Pt-021	619238,217	185073,099	Pt-109
616074,275	185232,095	Pt-022	618937,503	185336,661	Pt-111
615772,474	185237,837	Pt-024	619023,644	185455,047	Pt-112
615354,253	184860,225	Pt-026	619123,045	185556,224	Pt-114
615219,859	184842,419	Pt-028	617186,400	189734,238	Pt-115
616408,233	185671,647	Pt-033	620709,966	186518,169	Pt-117
621240,987	187477,703	Pt-035 teste	620380,406	186299,616	Pt-120
617554,044	185946,617	Pt-037	621075,152	186191,783	Pt-121
617819,021	185859,084	Pt-038	620999,797	186612,161	Pt-123
617885,012	185960,862	Pt-039	621591,903	185046,359	Pt-125
617952,980	186061,308	Pt-040	621297,250	185884,414	Pt-129
618167,579	185884,171	Pt-042	621420,244	186165,038	Pt-130
618317,555	185679,915	Pt-044	621706,877	186493,625	Pt-131
618398,392	185779,024	Pt-045	621574,959	186896,088	Pt-132
618465,101	185880,025	Pt-046	621394,671	186673,660	Pt-133
618685,597	185698,231	Pt-048	616414,451	190165,321	Pt-135
620471,021	185176,187	Pt-050	616789,680	190116,777	Pt-136
621005,651	185294,304	Pt-051	617303,138	189503,685	Pt-141
621492,306	185412,739	Pt-052	617727,821	189735,371	Pt-142
622067,180	185519,744	Pt-053	617847,373	189474,508	Pt-144
621632,469	185674,646	Pt-054	617631,866	189376,670	Pt-145
620600,343	186003,440	Pt-056	618100,038	189389,373	Pt-147
620488,782	185635,109	Pt-057	619691,135	188456,278	Pt-148
620197,569	185270,719	Pt-058	619516,442	188151,358	Pt-150
620031,522	185021,977	Pt-059	618959,977	188666,390	Pt-151
619.873,235	184.954,459	Pt-060	616794,350	189728,463	Pt-152
619731,276	184785,050	Pt-061a	619256,129	188388,411	Pt-153
619640,455	185107,123	Pt-062	618638,024	189115,985	Pt-159
620.345,695	184.757,783	Pt-066	618104,494	189038,131	Pt-161
620752,964	184531,791	Pt-067	618569,189	188731,211	Pt-162
621978,189	181271,379	Pt-073	618999,358	188479,343	Pt-163
621.725,411	180.500,785	Pt-075	620050,030	188332,248	Pt-165
621600,398	181225,675	Pt-076	620015,611	187953,497	Pt-166
621514,479	182009,352	Pt-077	619837,652	187486,443	Pt-167
621401,804	182592,687	Pt-078	619999,333	187247,195	Pt-168
621279,269	183215,843	Pt-079	620237,211	186964,225	Pt-169
621156,486	183697,084	Pt-080	620527,795	186627,799	Pt-170
620965,249	184213,203	Pt-081	616114,636	185171,748	Pt-171
622505,878	180808,751	Pt-083	619395,861	185258,084	Pt-172
622299,717	181870,066	Pt-085	621204,743	187177,714	Pt-175
621551,058	184145,189	Pt-090	620683,123	187913,405	Pt-177

Longitude	Latitude	Amostra
620536,000	187543,000	Pt-178
620322,406	187272,199	Pt-181
622168,268	185138,482	Pt-182
622498,326	184106,195	Pt-184
622580,015	183614,857	Pt-185

ANEXO B: PLANILHA GERAL COM OS RESULTADOS DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.

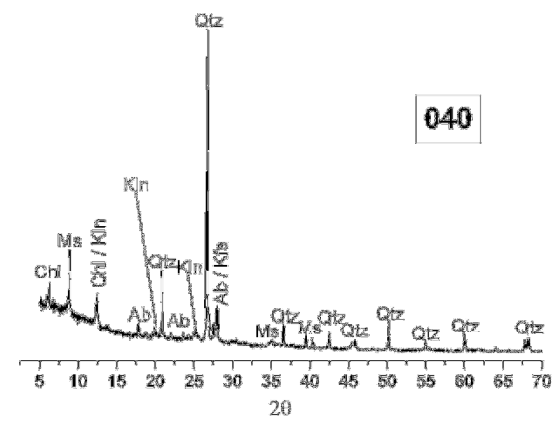
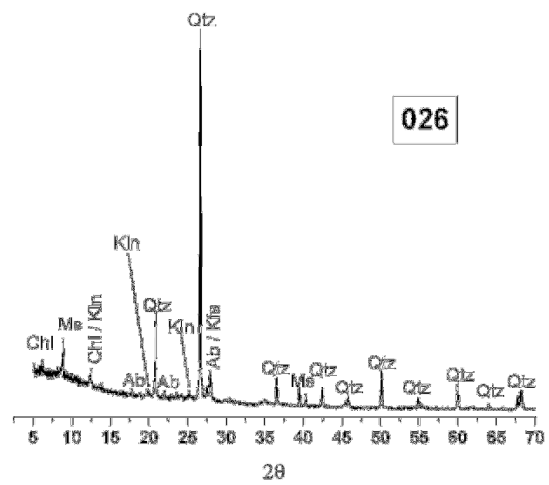
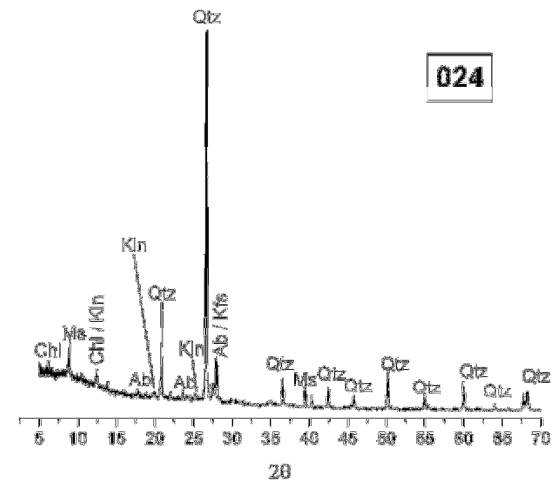
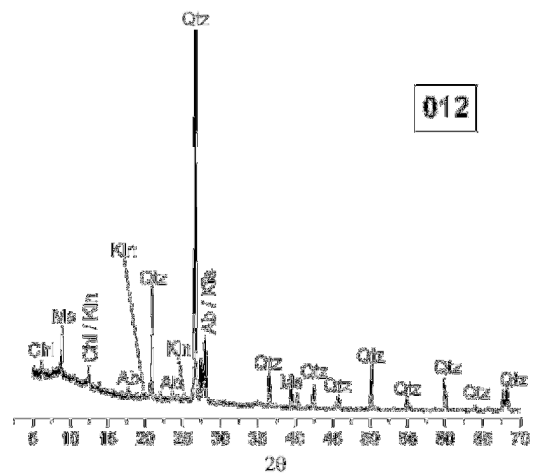
Amostra	Fração Areia (g) - Peneiramento à Seco						Centrifugação		Resultados (g)		Resultados (%)		
	Peso Inicial	0,500 mm	0,250 mm	0,125 mm	0,063 mm	< 0,063 mm	F. Silte (g)	F. Argila (g)	Silte total	Peso Final (g)	% Areia	% Silte	% Argila
Pt-001	50g	0,00	0,15	0,50	8,33	18,40	19,30	3,30	37,70	49,98	17,97	75,43	6,603
Pt-003	50g	0,00	0,00	0,00	1,48	11,39	30,62	6,39	42,01	49,88	2,967	84,22	12,81
Pt-004	50g	0,00	0,05	0,35	12,50	26,35	8,38	1,87	34,73	49,50	26,06	70,16	3,778
Pt-005	50g	0,00	0,06	0,08	4,46	6,37	32,10	6,92	38,47	49,99	9,202	76,96	13,84
Pt-008	50g	0,00	0,05	1,10	16,40	17,20	12,30	2,95	29,50	50,00	35,1	59	5,9
Pt-009	50g	0,01	0,03	0,35	12,10	20,60	13,23	3,68	33,83	50,00	24,98	67,66	7,36
Pt-010	50g	0,00	0,00	0,00	0,30	9,00	37,20	3,32	46,20	49,82	0,6022	92,73	6,664
Pt-011	50g	0,00	0,00	0,06	3,03	14,45	28,53	3,70	42,98	49,77	6,209	86,36	7,434
Pt-012	50g	0,00	0,02	0,13	20,57	12,34	15,37	1,54	27,71	49,97	41,46	55,45	3,082
Pt-013	50g	0,00	0,00	0,03	5,15	6,95	32,35	5,34	39,30	49,82	10,4	78,88	10,72
Pt-015	50g	0,00	0,00	0,11	2,25	20,92	20,83	5,83	41,75	49,94	4,726	83,6	11,67
Pt-017	50g	0,00	0,02	0,06	2,04	12,53	29,05	6,28	41,58	49,98	4,242	83,19	12,57
Pt-018	50g	0,05	0,11	0,55	21,31	11,26	14,11	2,55	25,37	49,94	44,09	50,8	5,106
Pt-020	50g	0,00	0,04	0,04	1,02	10,80	32,80	5,30	43,60	50,00	2,2	87,2	10,6
Pt-021	50g	0,02	0,05	0,64	16,63	15,60	14,65	2,13	30,25	49,72	34,88	60,84	4,284
Pt-022	50g	0,00	0,09	0,85	17,00	18,76	11,89	1,24	30,65	49,83	36	61,51	2,488
Pt-024	50g	0,00	0,01	0,22	12,66	11,70	22,15	3,17	33,85	49,91	25,83	67,82	6,351
Pt-026	50g	0,02	0,05	0,09	7,57	20,73	17,70	3,63	38,43	49,79	15,53	77,18	7,291
Pt-028	50g	0,00	0,03	0,05	0,37	4,09	37,67	7,76	41,76	49,97	0,9005	83,57	15,53
Pt-033	50g	0,00	0,00	0,05	10,75	14,10	20,80	4,20	34,90	49,90	21,64	69,94	8,417
Pt-035 teste	50g	0,00	0,05	0,19	1,63	11,40	32,50	4,20	43,90	49,97	3,742	87,85	8,405
Pt-037	50g	0,00	0,00	0,11	2,08	13,96	30,08	3,66	44,04	49,89	4,39	88,27	7,336
Pt-038	50g	0,00	0,00	0,02	1,65	10,84	33,05	4,40	43,89	49,96	3,343	87,85	8,807
Pt-039	50g	0,00	0,00	0,18	15,35	11,82	21,57	1,08	33,39	50,00	31,06	66,78	2,16
Pt-040	50g	0,01	0,02	0,10	4,28	20,62	21,38	3,59	42,00	50,00	8,82	84	7,18
Pt-042	50g	0,00	0,00	0,07	19,04	13,42	15,79	1,45	29,21	49,77	38,4	58,69	2,913
Pt-044	50g	0,00	0,02	0,02	0,30	0,79	33,58	15,29	34,37	50,00	0,68	68,74	30,58
Pt-045	50g	0,00	0,01	0,09	20,38	8,14	18,45	2,89	26,59	49,96	40,99	53,22	5,785
Pt-046	50g	0,00	0,01	0,01	0,58	11,00	30,38	7,95	41,38	49,93	1,202	82,88	15,92
Pt-048	50g	0,02	0,03	0,70	15,38	10,00	19,88	3,89	29,88	49,90	32,32	59,88	7,796
Pt-048b	50g	0,00	0,20	1,10	11,05	15,95	17,01	4,69	32,96	50,00	24,7	65,92	9,38
Pt-050	50g	0,00	0,00	0,09	2,50	16,67	26,37	4,21	43,04	49,84	5,197	86,36	8,447
Pt-051	50g	0,08	0,11	0,77	13,02	11,30	22,20	2,43	33,50	49,91	28,01	67,12	4,869

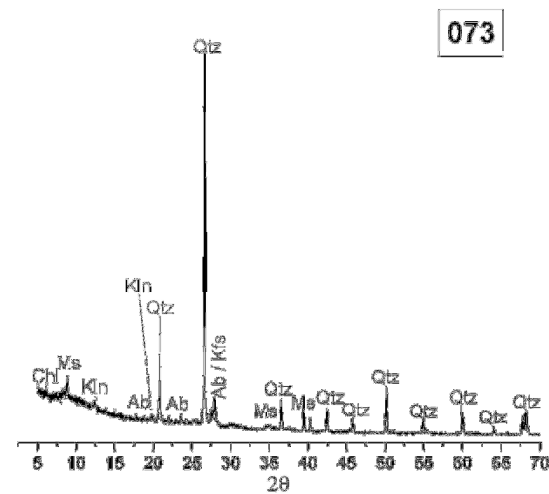
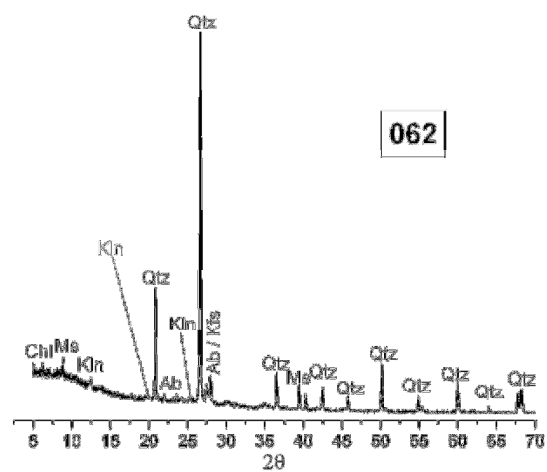
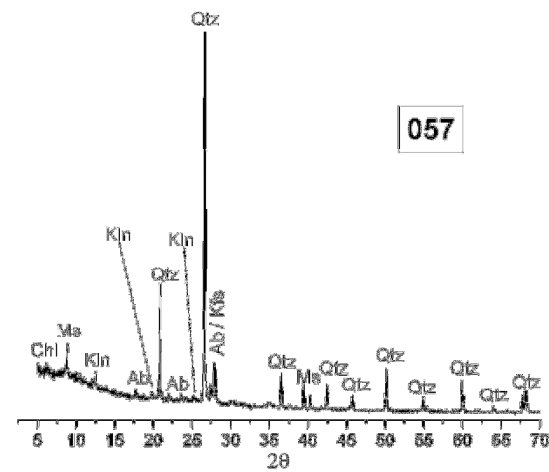
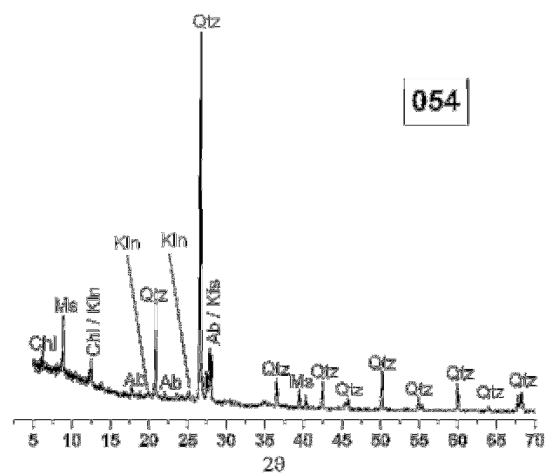
	Fração Areia (g) - Peneiramento à Seco						Centrifugação		Resultados (g)		Resultados (%)		
Pt-052	50g	0,00	0,04	0,21	6,69	20,40	18,50	4,12	38,90	49,96	13,89	77,86	8,247
Pt-053	50g	0,00	0,00	0,17	4,14	21,24	20,41	3,86	41,65	49,82	8,651	83,6	7,748
Pt-054	50g	0,00	0,01	0,20	6,20	21,55	17,45	4,59	39,00	50,00	12,82	78	9,18
Pt-056	50g	0,00	0,00	0,27	10,34	11,11	25,60	2,39	36,71	49,71	21,34	73,85	4,808
Pt-057	50g	0,00	0,00	0,05	6,14	10,56	29,55	3,58	40,11	49,88	12,41	80,41	7,177
Pt-058	50g	0,00	0,00	0,21	16,48	9,11	20,93	3,06	30,04	49,79	33,52	60,33	6,146
Pt-059	50g	0,01	0,00	0,07	9,99	9,47	26,35	3,95	35,82	49,84	20,2	71,87	7,925
Pt-060	50g	0,00	0,04	0,10	11,70	8,60	26,60	2,95	35,20	49,99	23,68	70,41	5,901
Pt-061a	50g	0,00	0,00	0,00	0,47	0,53	33,52	15,44	34,05	49,96	0,9408	68,15	30,9
Pt-062	50g	0,00	0,03	0,93	30,35	7,12	10,71	0,71	17,83	49,85	62,81	35,77	1,424
Pt-066	50g	0,00	0,05	0,20	11,62	20,65	14,46	3,02	35,11	50,00	23,74	70,22	6,04
Pt-067	50g	0,05	0,06	0,23	12,90	19,20	14,11	3,40	33,31	49,95	26,51	66,69	6,807
Pt-073	50g	0,00	0,00	0,20	14,90	11,70	19,20	4,00	30,90	50,00	30,2	61,8	8
Pt-075	50g	0,00	0,00	0,06	3,67	14,70	28,50	3,07	43,20	50,00	7,46	86,4	6,14
Pt-076	50g	0,00	0,00	0,05	8,27	11,15	26,80	3,58	37,95	49,85	16,69	76,13	7,182
Pt-077	50g	0,00	0,01	0,16	18,73	11,30	17,84	1,96	29,14	50,00	37,8	58,28	3,92
Pt-078	50g	0,00	0,08	0,20	19,16	12,07	15,96	2,41	28,03	49,88	38,97	56,19	4,832
Pt-079	50g	0,00	0,00	0,16	13,86	14,30	18,47	3,03	32,77	49,82	28,14	65,78	6,082
Pt-080	50g	0,01	0,01	0,31	8,70	16,79	21,58	2,55	38,37	49,95	18,08	76,82	5,105
Pt-081	50g	0,00	0,00	0,07	3,18	8,09	27,40	10,91	35,49	49,65	6,546	71,48	21,97
Pt-083	50g	0,04	0,04	0,27	12,29	9,46	22,26	2,75	31,72	47,11	26,83	67,33	5,837
Pt-085	50g	0,00	0,00	0,19	12,82	10,32	23,69	2,92	34,01	49,94	26,05	68,1	5,847
Pt-090	50g	0,00	0,00	0,08	5,68	9,79	29,75	4,59	39,54	49,89	11,55	79,25	9,2
Pt-091	50g	0,00	0,04	0,52	10,79	11,85	24,16	2,63	36,01	49,99	22,7	72,03	5,261
Pt-092	50g	0,00	0,02	0,64	12,72	8,97	23,20	4,34	32,17	49,89	26,82	64,48	8,699
Pt-094	50g	0,02	0,04	0,29	8,02	12,66	23,40	5,50	36,06	49,93	16,76	72,22	11,02
Pt-095	50g	0,00	0,03	0,80	10,34	13,53	22,17	3,08	35,70	49,95	22,36	71,47	6,166
Pt-096	50g	0,00	0,00	0,28	16,22	10,52	21,50	1,48	32,02	50,00	33	64,04	2,96
Pt-097	50g	0,00	0,02	0,64	12,72	8,90	23,50	4,22	32,40	50,00	26,76	64,8	8,44
Pt-098	50g	0,00	0,04	0,20	12,26	10,82	24,26	2,29	35,08	49,87	25,07	70,34	4,592
Pt-100	50g	0,00	0,03	0,54	9,98	12,48	23,00	3,93	35,48	49,96	21,12	71,02	7,866
Pt-101	50g	0,00	0,02	0,13	6,07	11,69	27,35	4,74	39,04	50,00	12,44	78,08	9,48
Pt-102	50g	0,00	0,00	0,06	1,56	11,80	33,34	3,18	45,14	49,94	3,244	90,39	6,368
Pt-103	50g	0,00	0,00	0,13	7,87	18,77	20,18	2,86	38,95	49,81	16,06	78,2	5,742
Pt-105	50g	0,00	0,03	0,23	10,60	14,72	20,08	4,19	34,80	49,85	21,79	69,81	8,405
Pt-106	50g	0,00	0,01	0,08	11,08	15,47	19,84	3,43	35,31	49,91	22,38	70,75	6,872

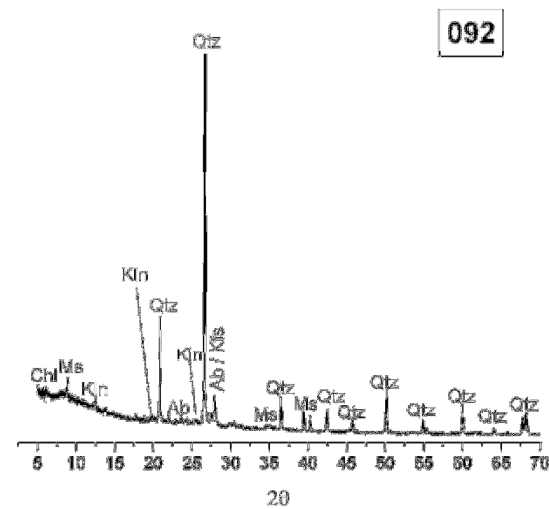
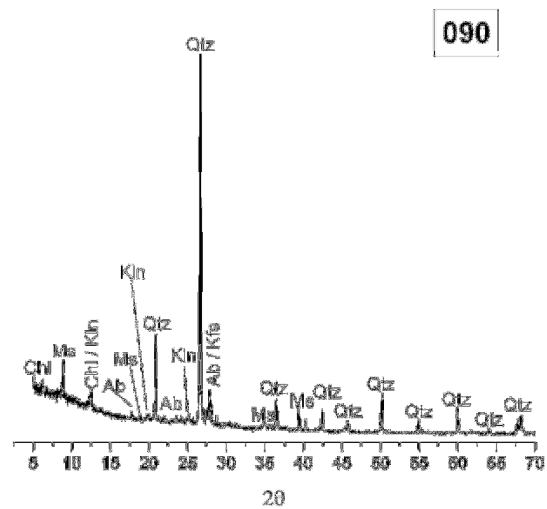
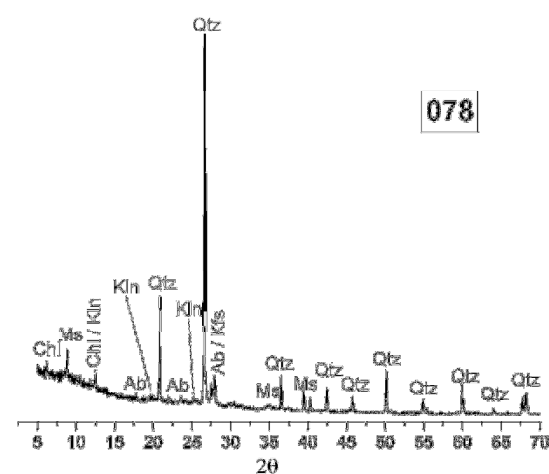
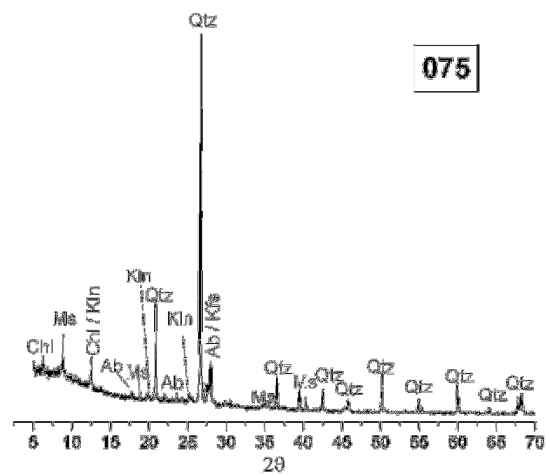
	Fração Areia (g) - Peneiramento à Seco						Centrifugação		Resultados (g)		Resultados (%)		
Pt-107	50g	0,00	0,01	0,03	4,23	9,52	30,03	6,07	39,55	49,89	8,559	79,27	12,17
Pt-109	50g	0,00	0,00	0,15	8,76	17,81	19,81	3,28	37,62	49,81	17,89	75,53	6,585
Pt-111	50g	0,03	0,02	0,94	2,17	3,33	27,00	16,35	30,33	49,84	6,34	60,85	32,8
Pt-112	50g	0,02	0,00	0,03	3,29	5,11	33,32	8,12	38,43	49,89	6,695	77,03	16,28
Pt-114	50g	0,00	0,03	0,27	10,43	25,18	11,95	2,05	37,13	49,91	21,5	74,39	4,107
Pt-115	50g	0,00	0,03	0,04	2,95	11,45	32,02	3,38	43,47	49,87	6,056	87,17	6,778
Pt-117	50g	0,04	0,02	0,09	1,16	19,67	24,85	3,85	44,52	49,68	2,637	89,61	7,75
Pt-120	50g	0,03	0,06	0,16	16,10	16,80	13,15	3,55	29,95	49,85	32,8	60,08	7,121
Pt-121	50g	0,00	0,02	0,05	7,31	17,24	22,25	3,09	39,49	49,96	14,77	79,04	6,185
Pt-123	50g	0,00	0,01	0,03	9,30	17,60	20,50	2,55	38,10	49,99	18,68	76,22	5,101
Pt-125	50g	0,00	0,03	0,18	12,54	12,63	21,50	3,04	34,13	49,92	25,54	68,37	6,09
Pt-129	50g	0,00	0,03	0,14	5,95	22,19	17,97	3,72	40,16	50,00	12,24	80,32	7,44
Pt-130	50g	0,00	0,00	0,10	10,10	10,08	23,86	5,80	33,94	49,94	20,42	67,96	11,61
Pt-131	50g	0,00	0,04	0,25	8,67	19,70	18,20	3,13	37,90	49,99	17,92	75,82	6,261
Pt-132	50g	0,02	0,02	0,24	11,60	17,22	17,26	3,54	34,48	49,90	23,81	69,1	7,094
Pt-133	50g	0,00	0,00	0,16	9,20	24,01	13,80	2,76	37,81	49,93	18,75	75,73	5,528
Pt-135	50g	0,00	0,00	0,02	4,11	5,40	34,94	5,45	40,34	49,92	8,273	80,81	10,92
Pt-136	50g	0,00	0,00	0,02	0,40	4,09	36,90	8,40	40,99	49,81	0,8432	82,29	16,86
Pt-141	50g	0,00	0,02	0,07	2,99	5,35	38,50	3,07	43,85	50,00	6,16	87,7	6,14
Pt-142	50g	0,00	0,00	0,06	5,52	7,24	30,57	6,48	37,81	49,87	11,19	75,82	12,99
Pt-144	50g	0,00	0,02	0,02	3,47	4,70	33,43	8,36	38,13	50,00	7,02	76,26	16,72
Pt-145	50g	0,00	0,00	0,02	0,74	2,72	40,92	5,48	43,64	49,88	1,524	87,49	10,99
Pt-147	50g	0,00	0,02	0,49	14,11	11,60	19,43	4,27	31,03	49,92	29,29	62,16	8,554
Pt-148	50g	0,00	0,05	0,27	17,63	14,51	14,35	3,19	28,86	50,00	35,9	57,72	6,38
Pt-150	50g	0,01	0,05	0,18	16,21	20,00	11,40	2,15	31,40	50,00	32,9	62,8	4,3
Pt-150b	50g	0,00	0,02	0,08	12,83	10,98	21,71	4,19	32,69	49,81	25,96	65,63	8,412
Pt-151	50g	0,00	0,00	0,09	3,52	16,08	25,74	4,53	41,82	49,96	7,226	83,71	9,067
Pt-152	50g	0,00	0,00	0,06	27,06	13,67	6,38	2,60	20,05	49,77	54,49	40,29	5,224
Pt-153	50g	0,00	0,00	0,07	2,38	13,56	29,81	4,12	43,37	49,94	4,906	86,84	8,25
Pt-159	50g	0,00	0,00	0,04	7,62	12,06	24,33	5,82	36,39	49,87	15,36	72,97	11,67
Pt-161	50g	0,02	0,00	0,07	1,40	7,60	32,70	8,20	40,30	49,99	2,981	80,62	16,4
Pt-162	50g	0,00	0,00	0,00	1,15	5,89	36,85	6,11	42,74	50,00	2,3	85,48	12,22
Pt-163	50g	0,00	0,00	0,06	5,29	10,65	28,58	5,34	39,23	49,92	10,72	78,59	10,7
Pt-165	50g	0,00	0,03	0,24	7,70	19,20	20,17	2,65	39,37	49,99	15,94	78,76	5,301
Pt-166	50g	0,00	0,08	0,24	3,56	14,80	26,40	4,90	41,20	49,98	7,763	82,43	9,804
Pt-167	50g	0,00	0,00	0,09	5,15	13,45	25,78	5,52	39,23	49,99	10,48	78,48	11,04

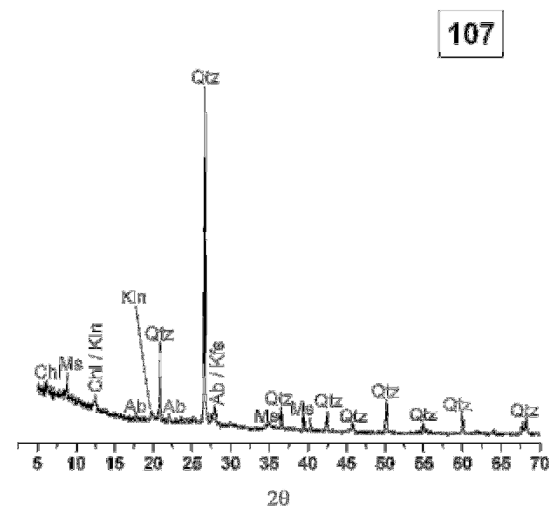
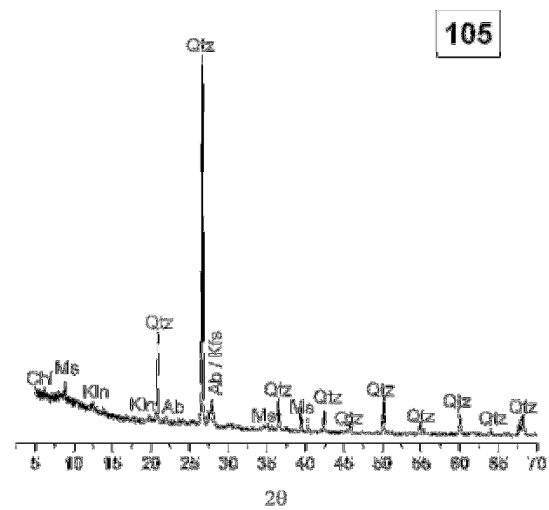
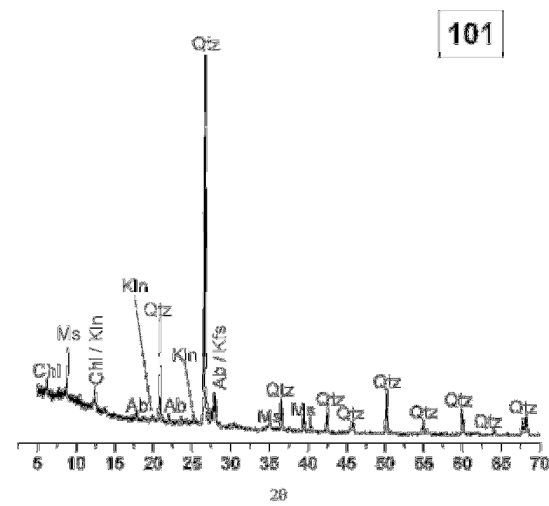
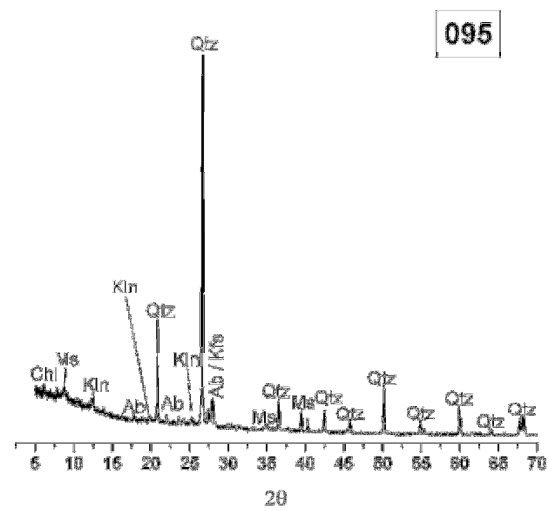
	Fração Areia (g) - Peneiramento à Seco						Centrifugação		Resultados (g)		Resultados (%)		
Pt-168	50g	0,00	0,03	0,33	16,54	13,32	16,50	3,19	29,82	49,91	33,86	59,75	6,392
Pt-169	50g	0,00	0,02	0,27	12,40	20,05	14,75	2,45	34,80	49,94	25,41	69,68	4,906
Pt-170	50g	0,00	0,07	0,16	16,74	15,70	15,41	1,92	31,11	50,00	33,94	62,22	3,84
Pt-171	50g	0,05	0,03	0,04	0,76	12,36	26,25	10,30	38,61	49,79	1,767	77,55	20,69
Pt-172	50g	0,00	0,04	0,31	11,91	18,80	15,40	3,53	34,20	49,99	24,52	68,41	7,061
Pt-175	50g	0,07	0,00	0,15	14,82	15,42	15,22	4,10	30,64	49,78	30,21	61,55	8,236
Pt-177	50g	0,00	0,00	0,14	10,35	14,82	19,83	4,77	34,65	49,91	21,02	69,42	9,557
Pt-178	50g	0,00	0,02	0,16	12,83	12,35	19,41	5,15	31,76	49,92	26,06	63,62	10,32
Pt-181	50g	0,05	0,05	0,47	17,13	19,29	10,84	2,11	30,13	49,94	35,44	60,33	4,225
Pt-182	50g	0,02	0,06	0,08	7,72	19,52	20,03	2,52	39,55	49,95	15,78	79,18	5,045
Pt-184	50g	0,00	0,04	0,17	3,99	20,36	21,00	4,37	41,36	49,93	8,412	82,84	8,752
Pt-185	50g	0,00	0,13	0,46	2,84	26,60	15,67	4,28	42,27	49,98	6,863	84,57	8,563

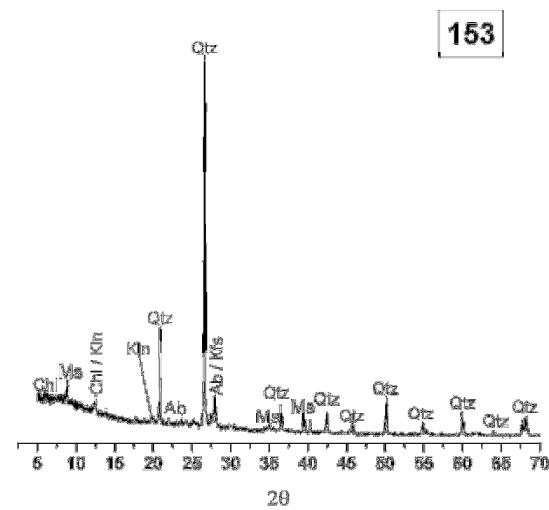
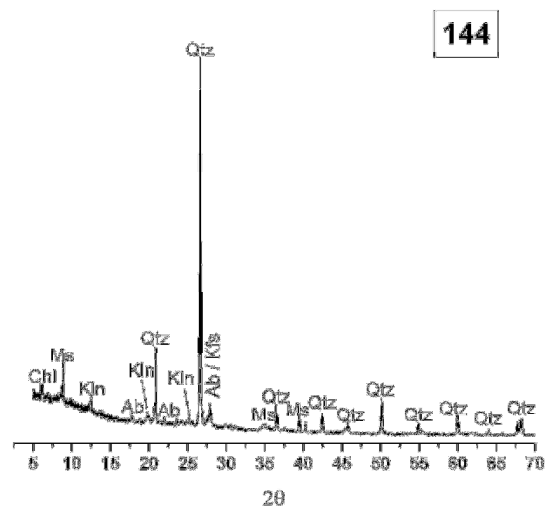
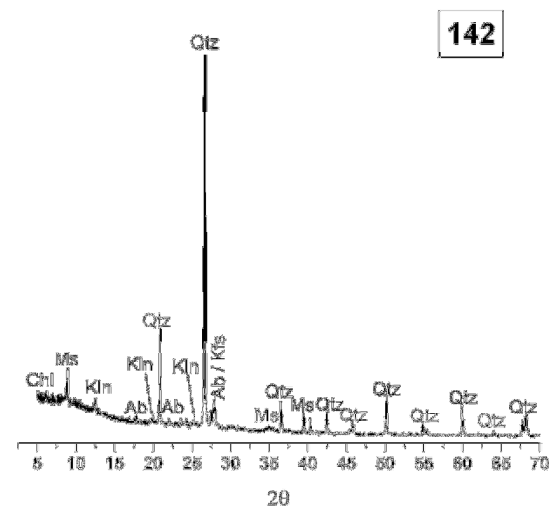
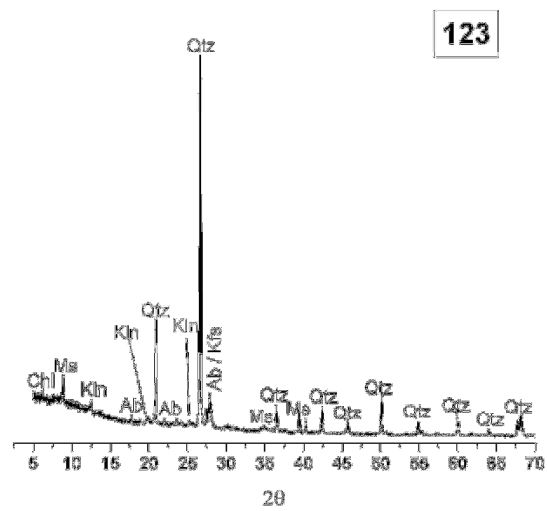
ANEXO C: DIFRATOGRAMAS DE ROCHA TOTAL



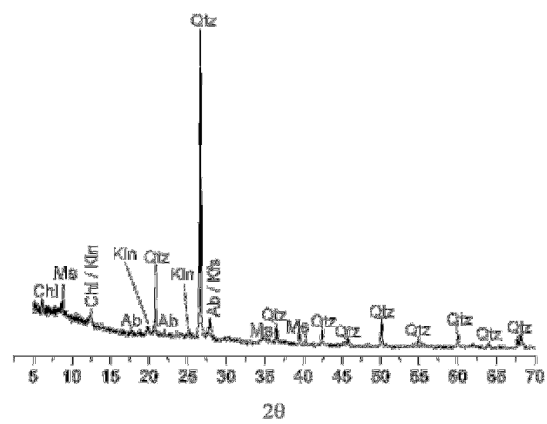




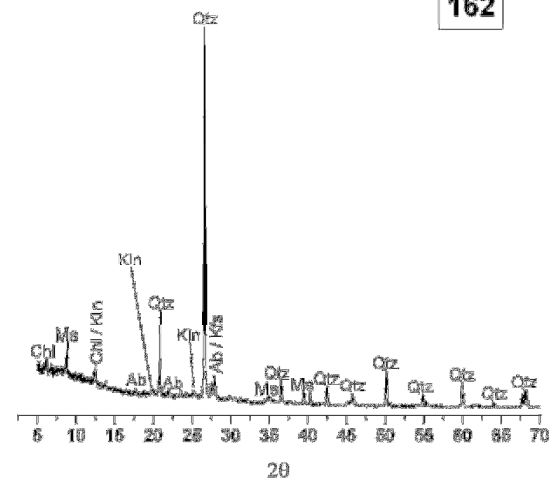




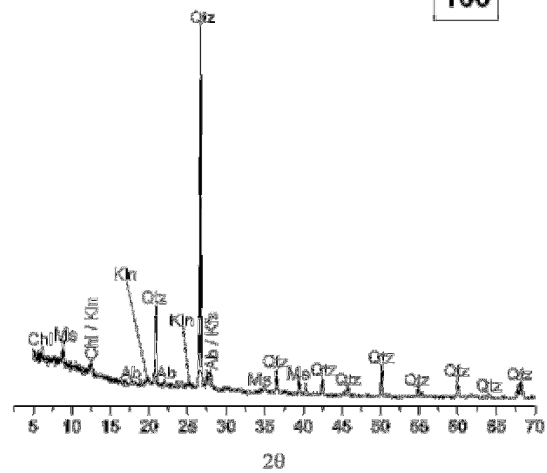
161



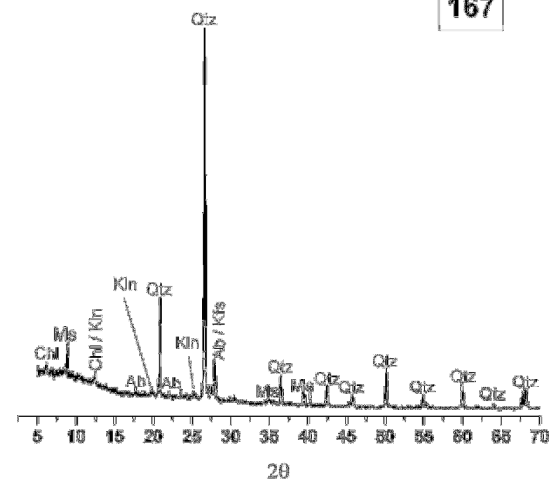
162



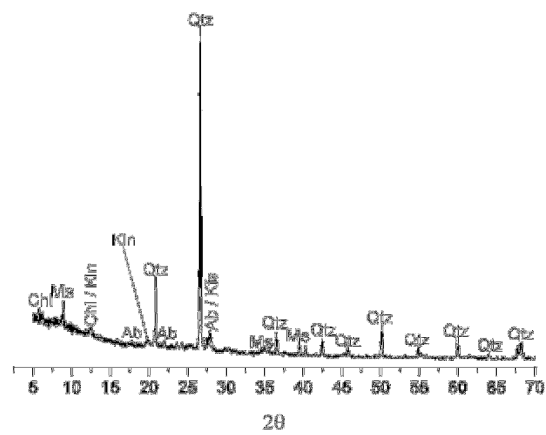
166



167



178



ANEXO D: DIFRATOGRAMAS DE ARGILOMINERAIS

