

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
DOUTORADO EM GEOGRAFIA**

CLAIRTON CIARLINI

**“APROVEITAMENTO ECONÔMICO DA EXPLOTAÇÃO DOS RECURSOS
MINERAIS NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO MUNICÍPIO DE ICAPUÍ
CEARÁ”**

FORTALEZA – CEARÁ

2014

CLAIRTON CIARLINI

“APROVEITAMENTO ECONÔMICO DA EXPLOTAÇÃO DOS RECURSOS
MINERAIS NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO MUNICÍPIO DE ICAPUÍ
CEARÁ”

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Geografia do Programa de Pós-Graduação em Geografia do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial à obtenção de título de Doutor em Geografia. Área de concentração: Análise Geoambiental e Ordenação do território nas Regiões Semiáridas e Litorâneas.

Orientador: Profº. Drº. Jader Onofre de
Morais

FORTALEZA – CEARÁ

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Universidade Estadual do Ceará

Biblioteca Central Prof. Antônio Martins Filho

Ciarlini, Clairton

"Aproveitamento Econômica de Exploração dos Recursos Minerais na Plataforma Continental no Município de Icapuí Ceará" / Clairton Ciarlini. – 2014.

1 CD-ROM: il.; 4 ¾ pol.

CD-ROM contendo o arquivo no formato PDF do trabalho acadêmico com 113 folhas, acondicionado em caixa de DVD Slim (19 x 14 cm x 7 mm).

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologias, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Doutorado em Geografia. Fortaleza, 2014.

Orientador: Prof. Dr. Jader Onofre de Moraes.

1. Plataforma Continental do Ceará. 2. Granulados marinhos. 3. Análise sedimentar. I. Título.



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - CCT
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: "APROVEITAMENTO ECONÔMICO DE EXPLOTAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO MUNICÍPIO DE ICAPUÍ CEARÁ"

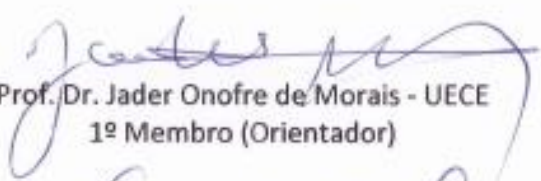
Data da Defesa: 03/11/2014

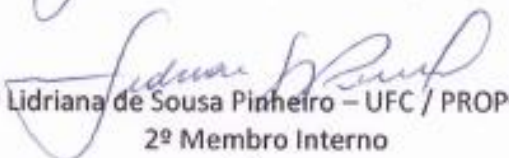
Nome do Autor: Clairton Ciarlini

Nome do Orientador: Prof. Dr. Jader Onofre de Moraes (Orientador – UECE)

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Geografia – CCT/UECE, como requisito parcial para obtenção do Título de Doutor em Geografia, Área de Concentração: Análise Geoambiental e Ordenação do Território nas Regiões Semi-Áridas e Litorâneas.

BANCA:


Prof. Dr. Jader Onofre de Moraes - UECE
1º Membro (Orientador)


Profª Drª Lidriana de Sousa Pinheiro – UFC / PROPGEO - UECE
2º Membro Interno


Prof. Dr. José Meneleu Neto – UECE
3º Membro Interno


Prof. Dr. Alexandre Medeiros de Carvalho – UFC
4º Membro Externo


Prof. Dr. Ernane Cortez Lima – UVA
5º Membro Externo

À Márcia, Carolina e Clairton Filho pelo incentivo, força e paciência nos momentos vividos.

Aos meus pais, exemplo de perseverança e esforço, que desde o céu guiaram-me e ajudaram a fazer realidade este projeto de vida.

AGRADECIMENTOS

Ao ser superior que permitiu a realização desse trabalho.

Aos meus pais Cláudio (*in memoriam*) e Maria (*in memoriam*), meus irmãos que tanto me apoiaram e motivaram cada sucesso em minha vida. Vocês foram à base de tudo em minha vida.

Ao Programa de Pós- Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará, pela oportunidade de realizar este curso de doutorado.

A Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pela concessão da bolsa de doutorado, sem o qual não teria sido possível realizar este curso.

Ao meu orientador, professor Dr. Jáder Onofre de Moraes, pelo seu constante apoio e incentivo a trilhar pelos caminhos da pesquisa e por facilitar a infraestrutura e os materiais que fizeram possível o desenvolvimento dos trabalhos de laboratórios. Também pelas discussões e o apoio incondicional na realização e participação de eventos de divulgações científicas no Brasil e países vizinhos.

A todos os companheiros e amigos do LGCO, por ter me dado inúmeras oportunidades de aprender junto a eles. Mailton, Ximenes, Eduardo, Maciel, Renan, Brígida, Silvia, Patrícia, Guilherme, Ramon, Luciano, Paulo Pessoa e Oricélio;

A todos os companheiros e amigos de reflexões, Maurício, Pedro, Cronje, Arilo e Renor;

Ao laboratório de Física da UFC Prof. Sazaki e aluna Teresa Rocha, pela análise das amostras de fluorescência;

Finalmente, para conseguir os resultados esperados da tese temos que agradecer as equipe de colegas que participaram das campanhas de campo tanto da primeira como da segunda etapa pois sem sua colaboração não se tornaria possível a realização das coletas das amostras

RESUMO

A plataforma continental do Ceará encontra-se coberta por grande quantidade de sedimentos bioclásticos e siliciclásticos sinalizam possibilidade de explorações futuras. Este trabalho tem por finalidade analisar os sedimentos ao largo do município de Icapuí em área situada entre as coordenadas UTM 670123 9479000 e 691023 9521000 demonstrando o aproveitamento econômico desses sedimentos por meio da aplicação de sistemas de informação geográfica, análises sedimentológicas, fluorescência e correlação de dados de prospecção. Foram divididas em etapas complementares: a primeira para pesquisar sobre o histórico e trabalhos publicados sobre o tema pertinente, a segunda etapa de campo para as realizações dos perfis já estabelecidos e coletas de sedimentos, na etapa seguinte as análises de laboratório para o processamento das amostras e por último a interpretação dos dados para a conclusão final. Foram realizadas as análises granulometria, a matéria orgânica, carbono orgânico e carbonato de cálcio. Foram realizadas as três classificações: Folk (1954), pela média e Larssonneur e, por último, foram confeccionados os mapas, gráficos e calculado a avaliação das áreas em questão. Com essas classificações pode-se verificar a predominância de sedimentos grosseiros e carbonáticos nas amostras coletadas. Com resultado das análises foi verificado um alto teor de carbonato de cálcio, acima de 75% na maioria das amostras. Os dados foram comparados com outros dados adquiridos nos referenciais científicos e técnicos nacionais e internacionais onde efetivamente encontraram grande aproveitamento e aplicação econômica. Os resultados das análises de matéria orgânica e carbonato de cálcio nas amostras coletadas mostraram um baixo teor de matéria orgânica e um grande percentual de carbonato de cálcio, o que comparativamente a literatura comentada dá-se uma forte indicação de possibilidade de exploração e exploração visando o aproveitamento econômico. A fluorescência realizada nas amostras dos perfis comprovou também um alto percentual de óxido de cálcio e médio percentual de óxido de sílicas. A correlação da prospecção feita em Beberibe constatou o mesmo resultado da granulometria e fluorescência das amostras da área. A avaliação inferida da área mostrou um cálculo de 12.856.390.500 m³, mas com aproximadamente 1,50 m de cubagem da área alvo escolhida foi de 3.933.337,308 ton. A avaliação de impactos ambientais

pertinentes a sua exploração devem ser analisados preliminarmente para definir os procedimentos efetivos em minimizar este impacto viabilizando a comercialização.

Desta forma, existe um grande potencial de granulados marinhos bioclásticos que, se necessário, podem ser explorados e explotados, dependendo da utilização de medidas necessária a proteção ambiental principalmente, para associados aos índices de regeneração de algas. Assinalamos ainda que as reservas de calcários do continente próximo ao litoral cearense devem ter prioridades principalmente em que diz respeito a fabricação de cimento.

Palavras-chave: Plataforma Continental Interna. Geologia Econômica. Sedimentos Bioclásticos.

ABSTRACT

The continental shelf of Ceará is covered by a large quantity of bioclastic and siliciclastic sediments that provides signs possibility of future prospecting. This study aims to analyze the sediments off Icapui county area located between coordinates UTM 670123 9479000 e 691023 9521000 and to demonstrate an economic profitable in these sediments through data geographic system, sediments analysis, fluorescence and correlation with data prospecting. Those were further divided into complementary stages: The first one is research the history and studies published on the relevant topic, the second field stage to fulfill the profiles already established and collect sediments, the next step is the laboratory's analysis for sample processing and the last stage is the data interpretation to the final conclusion. There were carried out granulometric analysis, the organic matter, organic carbon and calcium carbonate. There were carried out three classifications: Folk (1954), by average and Larssonneur and finally maps were made, charts and calculated the appraisal of the areas in issue. In these classifications can verify the predominance of coarse sediments and carbonate in the collected samples. As a result of analysis it was found a high calcium carbonate content over 75% in the most samples. Those data were compared with other data obtained from scientific citations and national e international technical, which effectively were found great benefit and economic application. The results of the organic matter and calcium carbonate analysis in the collected samples showed a low organic matter content and a great percentage calcium carbonate content, which compared to the literature review, it is a strong indication of possibility of explorations and exploitation aiming economic profitable. The fluorescence carried out in the profile samples proved high calcium oxide percentage content and an average percentage of silica oxide too. The prospecting correlation made in Beberibe certified the same result of samples granulometry and fluorescence in the area. A appraisal infered of the area showed a calculation of 12.856.390.500 m³, around 1,50 m which is cubing of the chosen aim area was 3.933.337,308 ton. The environment impact evaluation of relevant prospecting must be analyzed preliminarily to define the effective proceedings to minimize this impact making feasible the trade.

In this way there is a great potential of marine bioclasts granulated if is necessary can be explored and exploited, depend on the application of necessary measures to

protect the environment; mainly those are associated to the algae level of regeneration. We still mark the calcareous reservation in the continent next to Ceara coast must have priorities chiefly about the concrete production.

Keywords: Internal Continental Platform. Geology Economics. Bioclastic Sediments.

LISTA DE SIGLAS

CPRM	Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais
CNDUN	Convenção das Nações Unidas Sobre o Direito do Mar
DHN	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
GPS	<i>Global System Position</i>
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
LABOMAR	Instituto de Ciências do Mar
LEPLAC	Levantamento da Plataforma Continental Brasileira
LGCO	Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica
MMA	Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal
PRONEX	Programa de Apoio a Núcleos de Excelência
REVIZE	Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva
REMAC	Reconhecimento da Margem Continental Brasileira
SAG	Sistema de Análise Granulométrica
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
UECE	Universidade Estadual do Ceará
UFC	Universidade Federal do Ceará
UTM	Universal Transversa de Mercator
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical
ZEE	Zona Econômica Exclusiva
CNUDM	Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar
GPS	Global Positioning System
LGCO	Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica.
PCI	Plataforma Continental Interna.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.2	HIPÓTESE.....	15
2	FUNDAMENTO TÉORICOS.....	16
2.1	CONCEITOS CHAVE.....	16
2.2	PESQUISA DA LITERATURA PERTINENTE.....	20
2.4	ORGANIZAÇÃO DA ARGUMENTAÇÃO.....	22
3	CONTEXTUALIZAÇÃO DOS COMPONENTES AMBIENTAL.....	24
3.1	GEOLOGIA.....	24
3.1.1	Considerações Gerais	24
3.1.2	Características Geológicas.....	24
3.1.3	Arcabouço Tectônico.....	26
3.1.4	Características Estratigráficas.....	27
3.2	GEOMORFOLOGIA.....	30
3.2.1	Considerações Gerais.....	30
3.2.2	Características Geomorfológicas.....	31
3.2.3	Arcabouço Geomorfológico da Plataforma Interna.....	32
3.2.3.1	Formação Barreiras.....	34
3.2.3.2	Falésias.....	34
3.2.3.3	Terraços marinhos e barreiras arenosas.....	35
3.3	OCEANOGRAFIA.....	37
3.3.1	Considerações Gerais.....	37
3.3.2	Característica Oceanográfica da Temperatura.....	36
3.3.3	Característica Oceanográfica da Salinidade.....	38
3.3.4	Característica Oceanográfica do Material em Suspensão.....	39
3.3.5	Característica Oceanográfica das Correntes.....	40
4	MATERIAS E MÉDOTOS.....	41
4.1	METODOLOGIA DE COLETA - AMOSTRA DE SEDIMENTO.....	41
4.2	ANÁLISE DAS AMOSTRAS.....	42
4.3	PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS NO LABORATÓRIO LGCO.....	47
4.3.1	Secagem das Amostras.....	47
4.4	GRANULOMETRIA.....	48
4.4.1	Resultados das Amostras.....	52

4.5	MATÉRIA ORGÂNICA.....	65
4.5.1	Determinação do carbono Orgânico e da Matéria Orgânica.....	68
4.6	CARBONATO DE CÁLCIO.....	69
4.7	CÁLCULO DA RESERVA DA ÁREA.....	74
4.7.1	Considerações Gerais.....	75
4.8	FLUORESCÊNCIA DAS AMOSTRAS DOS PERFIS.....	75
4.9	DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS CUBADAS.....	84
4.10	CÁLCULO DE RESERVAS.....	91
4.10.1	Princípio do Cálculo de Reserva.....	92
4.10.2	Cálculo de Reserva da Área.....	93
4.10.3	Método de Cubagem.....	95
4.10.4	Reserva Medida do Minério de Calcário Bioclástico.....	97
4.11	RESERVA TOTAL.....	97
5	CONSIDERAÇÕES SOBRE O IMPACTO AMBIENTAIS.....	99
5.1	IMPACTO FÍSICO.....	99
5.2	IMPACTO QUÍMICO.....	100
5.3	IMPACTO BIOLÓGICO.....	100
6	LEGISLAÇÃO PERTINENTE A MINERAÇÃO NO MAR.....	102
7	CONCLUSÃO.....	104
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106
	ANEXOS.....	111

1 INTRODUÇÃO

O Estado do Ceará possui cerca de 570 km de litoral e sua Plataforma Continental possui uma largura média de 63 km, apresentando sua largura máxima a oeste no Município de Camocim com 101 Km e a mínima de 41 Km no Município de Icapuí.

Em pesquisa realizada no Departamento Nacional de Pesquisa Mineral (DNPM) o Estado do Ceará somente possui somente 06 (seis), requerimento de pesquisa na plataforma externa, protocoladas pela Empresa Rio Grande Mineração S.A, são áreas de 1990 ha.

Em contrapartida, o Rio Grande do Norte, seu vizinho, possui 48 áreas com Autorização de Pesquisa entre a Plataforma Continental Interna e a externa, áreas de fosfato, calcários e illmenita, requeridas por grandes Empresas como BBO (Brasil Bank of Opportunites) de Participação LTDA, Vales Fosfatados S.A e requerimento de autorização feito por pessoas físicas. Mas a oeste o Estado do Piauí possui áreas de calcários e fosfatos em menor número em torno de 10 Autorizações de Pesquisa. Vale lembra a dimensão do litoral Piauiense que corresponde aproximadamente 10% do Estado do Ceará.

Mais a oeste, segundo boletim de minerais do DNPM, no Estado do Maranhão ocorrem 37 áreas das mais diversas fontes de recursos minerais.

Portanto, por que a Plataforma Continental do Ceará desperta tão pouco interesse para ser explorada? Será pouca pesquisa? Ou são as condições Ambientais? Será sua falta de conhecimento estrutural, geológico e econômico? Será falta de diálogo com os empresários? Ou ainda maior divulgação ou atenção para esse tipo de desafio? Esses são alguns dos questionamentos que se pretende responder nessa pesquisa. Se da parte leste do Estado do Ceará pertence a mesma macro estrutura geológica que o Rio Grande do Norte, que é a Bacia Potiguar, porque esse espaço vazio de Requerimento e Autorização de Pesquisa junto ao DNPM na Plataforma Continental do Ceará.

Utilizando novos equipamentos de medições como Sonar de Varredura Lateral ou *Side Scan Sonar* (SSS) e sondagens de sub-superfície através da utilização de perfilador acústico de subsuperfície ou *Subbottom Profiler* (SBP), foram feitos perfis e coleta de amostras da plataforma interna do Ceará, com campanhas saindo principalmente em Icapuí e Beberibe e houve procedimento de

análise das amostras coletadas. Os equipamentos foram cedidos pelo Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha da Universidade Federal de Pernambuco e Geologia Costeira e Oceanográfica..

As campanhas de campo realizadas nas áreas alvos, e foram realizadas entre os dias 08/06 a 12/06 de 2011 em Icapui em e 12/07 a 16/07 2012 em Beberibe, perfazendo 04 grande coletas de amostras que foram analisados nos Laboratório da Universidade Estadual do Ceará , Universidade Federal do Ceará e Labomar.

As análises das amostras foram feitas nos respectivos laboratórios de suas instituições, LGCO, LABOMAR e UFC, seguido uma seqüência de granulometria, carbonato de cálcio e matéria orgânica . Em seguida foram feito uma avaliação dos resultados e o cruzamento dos dados geoestatísticos de avaliação de reserva dos recursos minerais da plataforma interna leste do Estado do Ceará.

1.2 HIPÓTESE

“Os granulados podem de fato ser explorados e sua exploração trariam benefícios à sociedade cearense”;

“Existe uma carência de granulados marinhos no mercado?”

“Há aproveitamento econômico para exploração de granulados marinhos bioclásticos no Ceará”;

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 CONCEITOS – CHAVE

Alguns cientistas sociais vigentes, na literatura econômica não são bem sucedidos, em definir o conceito de **Recursos Naturais**. Ahrends, (1984), por exemplo, á inclusive, afirmações contraditórias sobre o aspecto sócio econômico dos Recursos Naturais, chegando ao extremo de negar completamente a existência de um conteúdo sócio econômico.

Sendo um problema de conceituação teórica, seu lado prático veio se consagra, nos relatórios do Clube de Roma e nas várias propostas de reorganização do sistema econômico mundial. O Clube de Roma era uma associação informal constituída em abril 1968, em Roma, por pesquisadores oriundos de vários países e de diversas áreas do conhecimento. Essa associação visava despertar o interesse dos povos e de seus governantes para o problema mundiais de ordem econômica, política, natural e social, uma vez que esses fatores são interdependentes. A entidade defendia, principalmente, idéias preservacionistas. (Nunes, 2014).

Posteriormente, a penetração teórica inadequada dos economistas de direita de Recursos Naturais passou a ser reconhecido com um novo sistema econômico mundial com falhas de resultados práticos.

Os economistas marxistas falharam ao não levar em conta que os recursos naturais são também influenciados pelas relações sociais. Por exemplo, se um matéria prima tiver a propriedade de ser um recurso, isso não é só um problema natural, como também um problema sócio-econômico.

A condição natural está diretamente ligada a categoria de recurso natural, embora, seja as vezes usado como sinônimo. As condições naturais de produção exprimiram a propriedade da natureza e seriam a base material para a conversão de matéria e energia. As condições naturais determinam, assim, se a natureza provê condições para o desenvolvimento da vida humana. Elas constituem, as fundações naturais para o desenvolvimento da sociedade.

Na visão de Machado (1989), Marx e Engels consideravam as condições naturais como sendo muito importantes para o desenvolvimento histórico da sociedade. Para ambos, era impensável o desenvolvimento social sem levar em

conta a base natural e a inter-relação entre a base natural de produção e as forças produtivas.

A grande maioria dos economistas de esquerda usa o conceito de recursos para significar os meios materiais para atingir certos fins sócio-econômicos. Em geral **os recursos de uma sociedade** estão divididos em três categorias básicas:

- a) **Recursos naturais;**
- b) **Recursos de mão-de-obra;**
- c) **Recursos materiais** (físicos).

Normalmente é aceito que **os recursos de mão-de-obra e materiais** estão submetidos à **economia política**, porém não há consenso quanto aos recursos naturais poderiam ser inseridos nesta área.

Existem autores que consideram que as necessidades sociais, acima de tudo, que torna, os elementos naturais em recursos. Porém, existe certo estágio de desenvolvimento das forças produtivas, determinam se as condições naturais assumem a propriedade **de ser um recurso ou não**. Há diferença de **desenvolvimento científico tecnológico** é que vai impor as condições para existência de um recurso ou não. Existe uma diferenciação dos recursos naturais dentro da economia política. **O recurso natural não é um produto do trabalho**. A forma material dos elementos naturais que assumem a condição de recurso permanece como produto da natureza. Somente através do **processo de utilização** é que o produto recebe sua determinação social, à qual se interpõe o trabalho. Esses produtos naturais podem tomar a forma de matéria-prima, ou seja, de produto do trabalho de primeiro estágio de processamento. Segue-se, então, que “**matéria-prima e recursos naturais** diferem, acima de tudo, pelo fato de que os primeiros são **produto do trabalho**, e os últimos, **um produto da natureza**.”

Segundo Ahrends (1984) **os recursos naturais** são classificados de acordo com **as categorias econômicas** como tais:

- a) **As relações socialmente** relevantes dos seres humanos com a natureza surgem **apenas a partir do ponto** em que os recursos passam **pelo processo de utilização**, isto é, no momento em que os recursos naturais deixam de existir como tal;
- b) **As relações sociais** relevantes expressas no conceito de recursos são determinadas pelo sistema **das relações econômicas da sociedade**;

- c) **Os recursos naturais** agem **indiretamente** sobre as relações **econômicas de uma sociedade**. Eles não podem ter um efeito direto e imediato sobre as relações sociais **porque**, para atingir esse fim, a **atividade humana** se torna necessária. Sem referencia ao nível do social, e principalmente, do desenvolvimento sócio-econômico, o **conceito de recursos naturais perde o seu conteúdo sócio-econômico**

Em geral a partir do “**que temos**” e “**quanto temos**” é que se inicia um grande esforço de planejamento visando **otimizar desses recursos naturais**. A expressão **reserva mineral** implica em algum tipo de medição física tenha sido feita do teor e da quantidade de concentração mineral “*in situ*”, e, além disso, que sua extração seja viável do ponto de vista tecnológico hoje ou num futuro muito próximo e que possa ser realizado com lucro. (Zwartendyk, 1972).

Trata-se de um conceito prático para a mineração, onde as reservas são classificadas de acordo com o grau de certeza com o qual são conhecidas. A classificação “**provada**”, “**provável**” e “**possível**” tem sido usada na Indústria

Mineral, pela ordem decrescente. Mas com relação em nível nacional e regional optou-se pela classificação de reserva “**medida**” “**indicada**” e “**Inferida**” pela ordem de certeza decrescente.

A classificação de reserva adotada pela maioria dos serviços geológicos dos países ocidental segue o esquema adotado pela **U.S. Geological Survey**:

- a) **Reserva Medida**: reservas para as quais a tonelagem é computada das dimensões revelada em afloramentos, escavações e sondagens, e para as quais é computado o teor dos resultados de amostragens detalhada. A tonelagem e o teor computados devem ser rigorosamente determinados dentro dos limites estabelecidos, os quais não devem apresentar um desvio maior do que 20% dos valores verdadeiros;
- b) **Reserva Indicada**: reserva para os quais a tonelagem e o teor são computados parcialmente de medições e amostras específicas ou de dados de produção e parcialmente de extrapolação até distância razoável, com bases em evidências geológicas;
- c) **Reserva Demonstrada**: Um nome coletivo para o somatório das reservas medida mais indicada;

- d) **Reserva Inferida**: reserva para os quais a estimativa de quantidade são largamente baseada em conhecimento amplo do caráter geológico do depósito e para o qual a raras amostra e medições ou absolutamente nada.

Segundo Zwartendyk (1972), para se referir a dotação mineral no seu sentido mais complexo e absoluto, foi cunhado a expressão “**base de recurso mineral**”. Esta expressão se refere ao material fonte total da crosta terrestre, para um mineral particular, essencialmente independente das considerações de custo ou de viabilidade tecnológica de extração.

Na análise de Curí (20140, **os conceitos de jazidas e ocorrência mineral** encontram-se diretamente relacionada ao fato das acumulações de minerais podendo ou não, ser lavrado economicamente, ou seja, a classificação em um ou outro tipo pretende-se a explotabilidade dos depósitos. Saber se um depósito pode ou ser explotado está relacionado a diversos fatores dentre os quais alinha-se o teor do minério, a existência de métodos de beneficiamento apropriados e diversos outros fatores considerando a economia de um deposito mineral. Dentre esses outros fatores encontram-se:

- a) A distância da jazida em relação ao centro de consumo, **a posição geográfica da jazida**, que faz com que mesmo depósito de excelentes características geológicas e/ou tecnológicas se torne antieconômicas em função da distância. A viabilização, neste caso, envolve meios de **escoamento de produção** às vezes necessitando de obras de grande porte do tipo portos, ferrovias, hidrovias, construção de hidroelétricas, etc.;
- b) **O custo de tonelada do minério**. O conceito de teor, que permite ou não a explotação de um depósito mineral é, por sua vez, bastante flexível e pode variar com:
- c) **As flutuações do preço do minério** ou do concentrado no mercado de *commodities*;

Atualmente a indústria extrativa mineral, como qualquer outro empreendimento capitalista, tem como objetivo econômico básico maximizar a sua riqueza futura, entretanto, a indústria de mineração é caracterizada por visar ao

aproveitamento econômico dos recursos naturais exauríveis e não renováveis o que diferencia das demais indústrias. No caso dos granulados marinhos que já se tornou uma realidade em muitos países como U.S.A, Japão, França, Bélgica Canadá etc. estão entre aqueles que fazem uso dos granulados de origem marinha como matéria prima, principalmente, na construção civil.

A exploração dos granulados marinhos requer estudos prévios de avaliação da potencialidade exploratória e análise dos impactos ambientais, no sentido de viabilizar uma gestão racional e equilibrada.

Nas últimas décadas tem sido oferecido recursos técnicos para aproveitamento de minerais marinho, principalmente, os bioclásticos. Mas o grande desafio desses recursos tem sido reduzir os custos de produção e as restrições ambientais, para competir com os minerais produzidos no continente.

Em muitos países áreas de areia e cascalho dragados são aproveitados como material de construção e regeneração de praia, na zona litorânea. Os granulados bioclásticos, por sua composição química apurada, tem sido utilizado da mesma forma que os calcários dos continentes e que sob a forma natureza ou transformada em cal, talvez seja a substância mineral de mais ampla variedade de uso industrial.

2.2 PESQUISA DA LITERATURA PERTINENTE

As primeiras informações sobre sedimento de fundo das margens continental brasileira foram obtidas pela famosa expedição do “HMS CHALLENGER”, no Século XIX, onde foram coletadas aproximadamente 20 amostras principalmente do Nordeste.

Na década de vinte através do Diretório de Hidrografia e Navegação (DHN), iniciou-se o levantamento batimétrico sistemático da costa brasileira, os quais estão sendo aprimorados, constituindo-se numa importante fonte de dados para análise e interpretação da morfologia de nossas margens continental a então Superintendência de Desenvolvimento de Pesca – SUDEPE que com expedições especificação de ocorrência de tipo de pescado, contribuiu muito para a interrelação destes organismos e o meio ambiente.

A Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste foi quem primeiro realizou trabalho sistemático sobre a identificação e distribuição dos sedimentos na plataforma continental do nordeste através das universidades..

Nos cruzeiros N-NE I e II, no NOc. Alm. Saldanha, foram realizadas realizados os primeiros mapas de distribuição de sedimentos por Coutinho & Moraes (1968).

Na década de sessenta foi criado o PGGM (Programa de Geologia e Geofísica Marinha), reunindo varias universidades e instituições governamentais, interessada na pesquisa geológica da margem continental operação brasileira. A primeira operação Geomar foi realizada 1969 a qual surgiram outras 25 expedições para o levantamento sedimentológico da Plataforma Continental brasileira.

Em 1972 o Projeto REMAC teve inicio, com participação de da PETROBRÁS, CPRM, DNPM, DHN, CNPq, universidades brasileiras, etc. Como resultados publicação de 11 volumes de trabalho sobre sedimentação da margem continental brasileira.

Realizado por França *et al* em 1976 entre Salvado e Fortaleza , trabalho sobre a mineralogia , composição química e origem dos sedimentos.

Moraes (1981), tenta recompor a história evolutiva da enseada do Mucuripe, em Fortaleza, objetivando eleger o diagnóstico e prever situações que possam ser utilizadas para preservação desta área portuária.

Na Operação Geomar XVIII , Menezes *et al* (1986), realizou estudos preliminares sobre distribuição de minerais pesados na plataforma continental do Ceará.

O Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira ((LEPLAC), instituído em 1988, teve como objetivo estabelecer limites externo da plataforma continental, no seu enfoque jurídico, conforme critérios estabelecida pela Convenção das Nações Unidas Sobre o Direito do Mar (CNUDN), acumulou enorme acervo de dados sobre batimetria de precisão, sísmica de reflexão multicanal, gravimetria e magnetometria, importante para o conhecimento da estrutura da nossa margem continental.

O projeto Avaliações os Recursos Minerais da Plataforma Continental Interna do estado do Ceará, iniciado em 1993 e executado através da cooperação técnica entre o Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM e a Universidade Federal do Ceará vêm realizando o mapeamento dessa zona, bem

como estudando os *placers* de minerais pesado e áreas mais propícias para exploração de areia quartzosas e algas calcárias. Os trabalhos de Cavalcante *et al* (1993), Cavalcante & Freire (1994), Freire *et al* (1994) e Cavalcante *et al* (1996), entre outros, mostram os resultados obtidos naquelas etapas, ressaltando as áreas com potencialidade mineral e a morfologia da plataforma interna do Estado do Ceará.

2.3 ORGANIZAÇÃO DA ARGUMENTAÇÃO.

Segundo Martinich (2002), a noção de um “bom argumento” é intuitivo. No nível mais simples, **há dois tipos de argumentos**: os bons e os ruins. **Um bom argumento** é aquele que faz o que se supõe que faça. **Um mau argumento** é o que não faz isso. Um bom argumento mostra a uma pessoa uma maneira racional de partir de premissas para chegar a uma conclusão verdadeira. O que pode legitimamente levar uma pessoa a uma conclusão pode não levar outra à mesma conclusão, visto que muita coisa depende do sistema de crença de cada pessoa. Aquilo que um filósofo ou físico contemporâneo reconhece como um bom argumento costuma não ser aquilo que o grego antigo, mesmo que fosse Platão, Aristóteles, Ptolomeu ou Euclides, reconheceria como tal.

Devemos observar um argumento é uma seqüência de proposições, porque se supões que as proposições estejam relacionadas entre si de alguma maneira logicamente significativa. Uma dessas proposições recebe a designação de conclusão, quer dizer a proposição comprovada. As premissas são proposições que levam a conclusão. Elas oferecem a justificativa para a conclusão.

Uma primeira definição de um argumento é uma seqüência de duas ou mais proposições, entre os quais uma é designada como a conclusão e todas as outras consideradas suas premissas.

Uma segunda definição é que um argumento sólido é um argumento que é válido e que contém somente premissa verdadeiras.

Uma terceira definição é que um argumento convincente é um argumento sólido que é reconhecido como tal em virtude da apresentação de sua estrutura e de seu conteúdo.

Cada um dessas definições contém **termo técnico e idéias essenciais** que precisam ser explicadas, incluindo proposições e válido.

Uma publicação internacional de 1968 sobre minerais do mar dizia que a indústria mineral marinha encontrava-se em duas dicotomia: **carência** e **necessidade**. “A **carência** levaria à expansão e intensificação da exploração da plataforma continental, de sorte a serem descobertas novas fontes de minerais em situação crítica de suplemento. A **necessidade** estaria relacionada ao desenvolvimento imediato de técnicas para tornar econômicas as operações minerais no mar.

A organização da tese se baseia no fluxo das idéias em que deve ter respostas para tal questionamento das hipótese. Portanto, com análise feitas de 72 amostras que foram coletadas na fase de campo , evolução geológica dos três grandes perfis , granulometria das amostras, teor de carbonato de cálcio, fluorescência , prospecção na área e com integração dos dados de avaliação de teores e volume de jazimento e qualidade do produto serão possíveis responder as perguntas da hipótese sobre seu aproveitamento econômica.

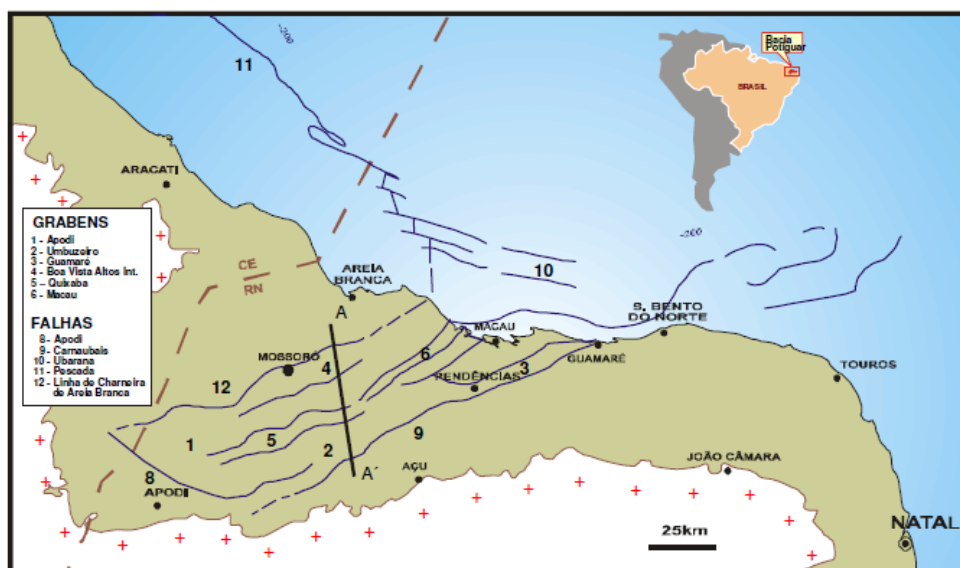
3 CONTEXTUALIZAÇÃO DOS COMPONENTES AMBIENTAIS

3.1 GEOLOGIA

3.1.1 Considerações Gerais

Localizada na porção mais oriental do nordeste do Brasil, a Bacia Potiguar abrange em suas porções **emersa (22.500 km²)** e **submersa (26.500 km²)**. Ela está localizada em parte dos estados do Rio Grande do Norte e Ceará e suas respectivas plataformas continentais. **Ao sul, leste e oeste** esta bacia tem limites com rochas do embasamento cristalino, ao **norte** com o Oceano Atlântico (isóbata de 2000m) e a noroeste com o alto de Fortaleza, que a separa da bacia do Ceará (Soares et al., 1990), como mostra a figura 1.

Figura 1 - Mapa de localização e arcabouço tectônico da Bacia Potiguar emersa



Fonte: Modificado por Bertani et. Al 1990

3.1.2 Características Geológicas

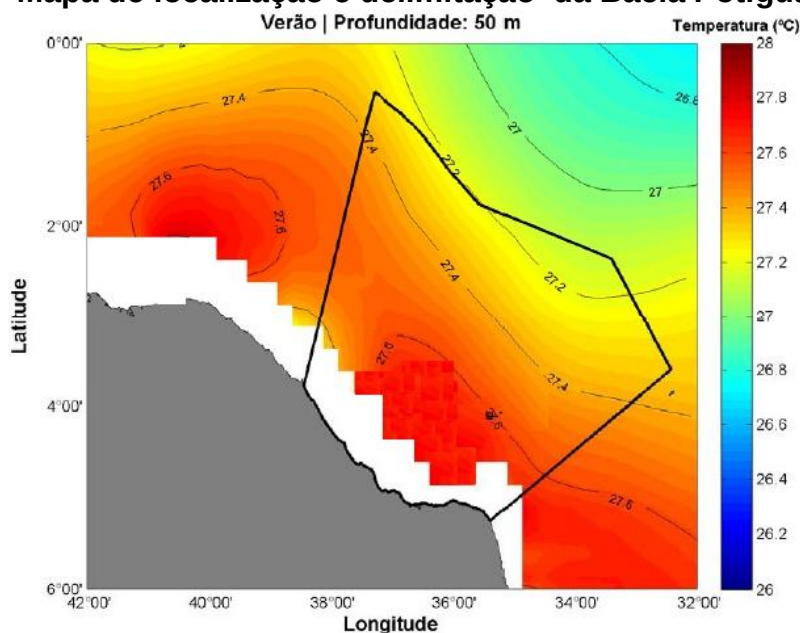
As feições estruturais observadas são **zonas de fratura (ZF)**, **elevações submarinas**, **falhas normais e lístricas**, **grabens**, **meio-grabens**, **horsts**, **altos**, **baixos e arcos**.

Na margem continental, as plataformas estruturais representam feições que se distribuem junto à linha de costa atual, destacando-se as Zonas de Fratura

Romanche, Chain e Fernando de Noronha, o Guyot do Ceará, as Cadeias Norte Brasileira e Fernando de Noronha e o Platô do Rio Grande do Norte.

O Mapa 1 ilustra as principais feições estruturais regionais da área. Na porção **submersa** da bacia, como mostra o mapa 2 à delimitação da baça que tem direção NW-SE, resultado do novo episódio tectônico contemporâneo à separação final do nordeste equatorial das placas Africana e Sul-Americana.

Figura 2 - Mapa de localização e delimitação da Bacia Potiguar submersa



Fonte: Modificado por Bertani et. Al 1990

Os grábens são feições tectônicas marginais locais ocasionadas por um afundamento relativo de um bloco. **A evolução regional** mostra que durante Cretáceo ocorreram movimentações tectônicas efetivas, sendo que no Terciário, tais movimentações foram insignificantes, fato atestado pelas seções cretácicas que se apresentam muito falhadas, o que não ocorre com as seções terciárias. Essas feições, que estão relacionadas ou evoluíram a partir de sistemas de fratura, possibilitaram a ocorrência de magmatismo basáltico toleítico entre o Triássico Superior ao Cretáceo Inferior (REZENDE em FERRADAES, 1971; SCHALLER et al., 1971)

No gráben central, os baixos assimétricos de Apodi, Umbuzeiro, Guamaré e Boa Vista, constituem feições lineares de direção NE-SW, encontrando-se levemente oblíquos aos principais lineamentos de direção NNE-SSW, no

embasamento a sul da Bacia. Esses baixos encontram-se separados pelos altos internos do embasamento, tais como os Altos de Quixaba, Serra do Carmo e Macau. As plataformas do embasamento representam feições rasas, sendo assim denominadas de Plataforma de Touros e Aracati, situadas a E e W pelos sistemas de falhas de Carnaubais e de Areia Branca, ambos de direção NE-SW.

Todo este arcabouço estrutural é controlado por um duplo sistema de falhas lítricas normais que provavelmente envolvem a **reativação de zonas de cisalhamento Neoproterozóicas** (MATOS, 1987).

Na região oceânica profunda do setor norte, as zonas de fratura (ZF) representam as feições de maior destaque, possuindo uma orientação E-W e prolongamentos em direção à margem continental. A essas zonas de fraturas se associam às cadeias e aos vales submarinos, além das cadeias marginais, dos altos do embasamento enterrados e das depressões topográficas soterradas (GORINI, 1981; GORINI e CARVALHO, 1984).

A gênese das zonas de fratura se relaciona aos eventos **distensivos**, que promoveram sistemas de **falhamentos transversais** ocorridos **após o processo de rifteamento do Gondwana** e durante a formação do Oceano Atlântico.

3.1.3 Arcabouço Tectônico

O arcabouço tectônico da Bacia Potiguar é constituído basicamente de **quatro feições morfoestruturais**, relacionadas com os grandes eventos que afetaram a mesma: **grabens e altos internos**, relacionados às fases de estiramento crustal (rift), **plataformas rasas do embasamento e talude**, relacionadas à fase de **deriva continental**. Na porção **emersa** os grabens apresentam direção **geral NE-SW**, sendo margeados por duas plataformas rasas denominadas de Aracati (a oeste) e Touros (a leste). Na porção **submersa** a direção predominante das feições estruturais é **NW-SE**.

O **preenchimento sedimentar** da Bacia Potiguar está intimamente relacionado com as diferentes fases de sua **evolução tectônica** (BERTANI et al., 1990):

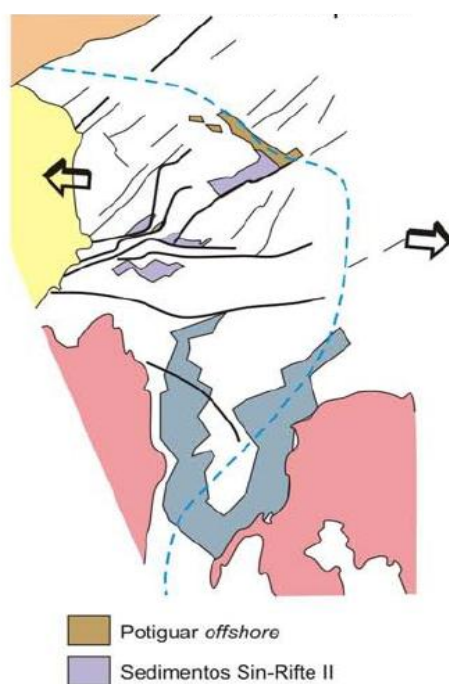
- a) **Rift**: compreendendo as formações Pendência e Pescada;
- b) **Transicional**: constituída pela Formação Alagamar;
- c) **Deriva continental**: constituída pelas seqüências flúvio-marinhas;

d) **Transgressivas** - formações **Açu**, Ponta do Mel, Quebradas e **Jandaíra**

e) **Regressiva**: formações Ubarana, Guamaré, Tibau e **Barreiras**

Três importantes estágios tectônicos são reconhecidos, em resposta à dinâmica das placas tectônicas durante o início da fragmentação do Gondwana, denominados de **Sin-Rift I, Sin-Rift II e Sin-Rift III**. O estágio **Sin-Rift II** caracteriza-se pelo desenvolvimento de bacias rift intracontinentais controladas por falhas de rejeito preferencialmente normal, definindo meio-grabens assimétricos. Como mostra a Figura 3.

Figura 3 - Modelo evolutivo pré-deriva da Margem Equatorial Atlântica e Oeste da África. Transporte Tectônico indicado pelas setas. Final da Fase sin-rift II, fraturamento do trend Cariri



Fonte: Potiguar.(Oliveira, 2008).

3.1.4 Características Estratigráficas

Na Bacia Potiguar, o pacote sedimentar encontra-se sobreposto ao embasamento de rochas predominantemente **plutônicas máficas e ácidas**, além de seqüência metassedimentar do Grupo Seridó. Esse pacote sedimentar é dividido

nas unidades litológicas: **Grupo Areia Branca; Grupo Apodi e Grupo Agulha**. As características dessas unidades são:

Grupo Areia Branca é subdividido em:

- a) Formação Pendência – arenitos finos a conglomerados intercalados com folhelhos e siltitos. Os sistemas deposicionais identificados são de leques aluviais e de sistemas flúvio-deltaicos.
- b) Formação Pescada – arenitos médios com intercalações de folhelhos e siltitos. O principal sistema deposicional é o de leques aluviais coalescentes.
- c) Formação Alagamar – constituído por dois membros, Membro Upanema caracterizado por arenitos finos e grossos e folhelhos e Membro Galinhos caracterizado por arenitos, folhelhos e calcilitos. Esses dois Membros são separados por uma seção pelítica informal denominada de Camadas Ponta do Tubarão. Os sistemas deposicionais são flúvio-deltáicos (Membro Upanema), lagunar (Ponta do Tubarão) e nerítico (Membro Galinhos).

Grupo Apodi é subdividido em:

- a) Formação Açu – apresenta sedimentos relacionados a depósitos de leque, sistemas fluviais entrelaçados e meandantes, e sistemas estuarinos de depósitos de planícies marginais e de barras estuarinas
- b) Formação Ponta do Mel – constituído por calcarenitos oolíticos, dolomitos e calcilitos, intercalados por folhelhos
- c) Formação Quebradas – divide-se em dois membros: Mesa Redonda, composto por arenitos, folhelhos e siltitos, e o Membro Porto do Mangue caracterizado por folhelhos plataformais
- d) Formação Jandaíra – é representada por calcarenitos bioclásticos e sedimentos finos e evaporíticos

Grupo Agulha – abrange os sistemas de leques costeiros, plataforma e talude. Seus sedimentos foram depositados entre o Neocampaniano e o Recente, sendo subdividida em:

- a) Formação Ubarana – constituída por espessa seção de folhelhos e argilitos, caracterizando depósitos de talude e bacia.

- b) Formação Guamaré – constituída por calcarenitos bioclásticos e calcilutitos, depositados em plataforma e taludes carbonáticos.
- c) Formação Tibau – constituído por arenitos grossos. O ambiente deposicional principal é o de leques costeiros.
- d) Formação Barreiras – é composta por conglomerados e arenitos ferruginosos friáveis de cor avermelhada a esbranquiçada, com matriz caolinítica e abundantes concreções latériticas. Representam depósitos de sistemas aluviais, fluviais e costeiros.

A Carta Estratigráfica mais representativa da Bacia Potiguar esta representada pela classificação da Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais – CPRM 2013. Como mostra a figura 4.

No final da década de sessenta foi realizado pela PETROBRÁS e a U.S. S Hydrographic Office os primeiros trabalhos sobre morfologia na margem continental brasileira, sob o comando de Barreto & Milliman (1969).

Na década de setenta a primeira tentativa de divisão da plataforma do Nordeste brasileiro realizada por Kempf (1970), com profundidade de 35/40 metros como sendo o limite da zona infralitoral e circalitoral, com base na distribuição das algas verdes.

Zembruski *et al* (1972) dividiram a margem continental brasileira em três grandes regiões, com influência tectônica e vulcânica e as outras duas, norte e sul, com formas resultantes de processos sedimentares.

O Projeto REMAC baseada na proposta de Heezen *et al* (1959) para o Atlântico Norte, elaborou uma série de batimetria da margem continental.

A Bacia Potiguar localiza-se no extremo leste da Margem Equatorial Brasileiro, compreendendo um segmento emerso e outro submerso. Distribui-se em sua maior parte no Estado do Rio Grande do Norte e, parcialmente, no Estado do Ceará. Geologicamente, é limitada a sul, leste e oeste pelo embasamento cristalino, estendendo-se a bacia marinha para o norte até a isóbata de 2.000m. O Alto de Fortaleza define seu limite oeste com Bacia do Ceará, enquanto que o Alto Touros define seu limite leste (NETO *et al.*, 2007).

A Plataforma Continental ocupa uma área de aproximadamente de 15.000 Km². A profundidade média da plataforma é de 21 m (desvio padrão = 16) e a quebra da plataforma ocorre cerca de 60 m de lâmina d'água. A extensão da plataforma varia de 0° a 1°, ou seja, são normalmente baixas. O Talude Continental apresenta 21.000 Km² e profundidade média de 1.226 m (desvio padrão = 3) (PETROBRÁS, 2009)

3.2.2 Características Geomorfológicas

A sedimentação mista na plataforma da Bacia Potiguar foi implantada a partir do Neocampaniano e assim permanecendo até os dias atuais, com a coexistência de sistemas deposicionais **siliciclásticos e carbonáticos**, sendo os primeiros dominantes na porção **proximal da bacia** e os últimos na porção **distal ou borda da plataforma**. Das relações verticais e laterais das fácies, dadas pela alternância destes sistemas ao longo do tempo, resultou um registro litológico

complexo, compreendido em três unidades litoestratigráficas: a **Formação Tibau**, composta de **arenitos e conglomerados**, derivados dos sistemas de leques costeiros e dos preenchimentos de vales incisos; a **Formação Guamaré**, composta por **calcarenitos e calcilutitos**, originados de bioconstruções e banco algálicos na borda da plataforma; e a **Formação Ubarana**, composta de folhelhos, calcilutitos e arenitos subordinados, representando a sedimentação recíproca oriunda da plataforma e depositada em ambiente de talude (NETO, 2003).

3.2.3 Arcabouço Geomorfológico da Plataforma Continental

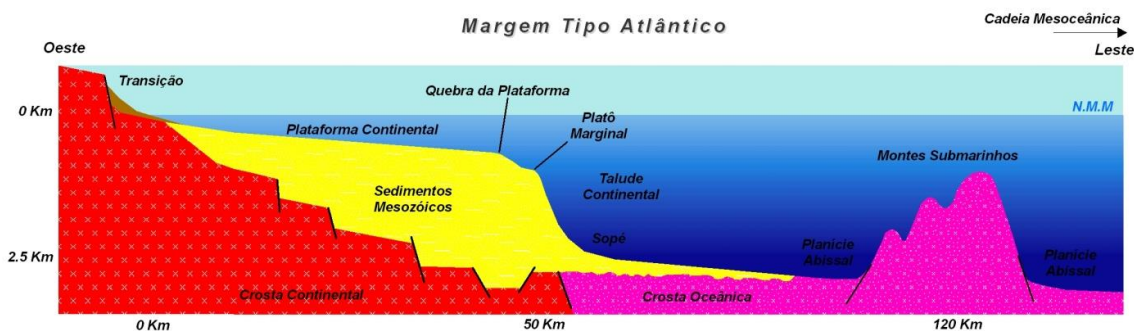
Segundo Emery (1978), aproximadamente 70% das plataformas atuais são cobertas por **sedimentos relíquias**, ou seja, sedimentos que foram depositados sob condições diferentes daquelas que caracterizam o ambiente atual.

É difícil utilizar plataformas de oceanos modernos como analogia com os antigos, (Selley 1976). Uma das razões é porque atualmente não ocorrem as vastas plataformas sub-horizontais que existiam no passado. Em segundo lugar, por que as atuais plataformas foram expostas sob condições sub-aéreas durante os períodos da Glaciação Quaternária resultando num retrabalhamento dos sedimentos por correntes de marés e processos fluviais, fluvio-glaciais e outras. Assim, os sedimentos relíquias não podem ser comparados com os antigos depósitos de plataforma.

O comportamento da sedimentação atual nas plataformas devido aos processos **eustático e tectônico** diferentes do passado, dificulta a compreensão das relações faciológicas e suas analogias com as marés epicontinentais (plataformas antigas).

O trabalho pioneiro que reuniu dados da Petrobras e do U.S. *Hydrographic Office*, foi de Barreto & Milliman (1969), onde os quais definiram várias províncias topográficas e inferiram algumas relações genéticas de certas feições submersas. Figura 3.2.3 A Margem Continental Brasileira do Tipo Atlântica apresenta como principais características morfológicas: Costa relativamente baixa e de relevo moderado; Tectônica estável, sem ocorrência de movimentações significativas ou vulcanismo ativo; Províncias fisiográficas da margem continental e bacia oceânica, até a cordilheiras mesoatlântica.

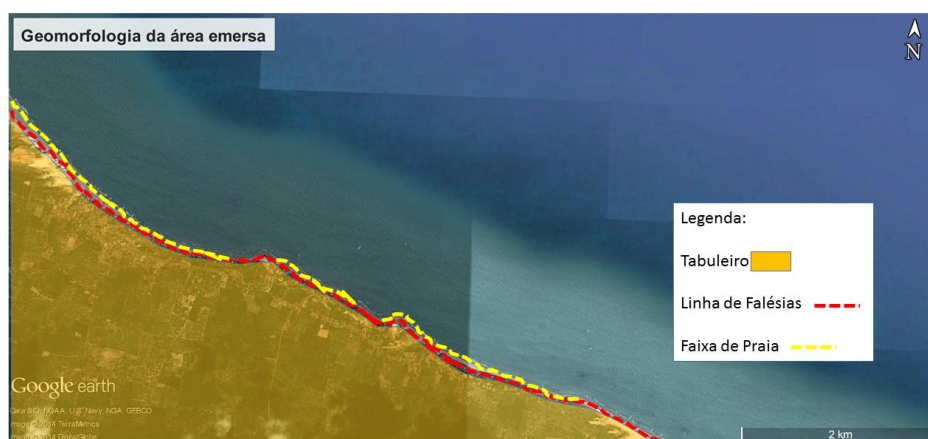
Figura 5 - Perfil esquemático da Margem Continental Atlântico Equatorial Brasileira, nas proximidades da região da capital cearense



Fonte: modificado de REMAC, 1975

A Costa Nordeste do Semi-Árido é caracterizada por pequeno aporte fluvial, e é aproximadamente retilínea, com presença de embaixamentos em forma de espiral. O clima semi-árido favorece a formação de dunas costeiras móveis. Na costa nordestina ocorrem tabuleiros costeiros da Formação Barreiras, cortados por rios de pequeno porte, com desenvolvimento de planícies costeiras com sistemas de laguna/barreiras de pequena extensão. O relevo do litoral e da Plataforma Continental é influenciado principalmente por processos eólicos e pelas correntes litorâneas. Pode ser considerada estreita atingindo 50 km nas proximidades do Cabo Calcanhar, reduzindo em direção à Costa Nordeste para 40 km, enquanto a quebra da plataforma ocorre a uma profundidade entre 60 e 80m. O Mapa a seguir mostra a espacialização das unidades geoambientais presentes na área de estudo, do município de Icapuí.

Figura 6 - MAPA DAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DA ÁREA EMERSA.



Fonte: modificado de REMAC, 1975

3.2.3.1 Formação Barreiras

A Formação Barreiras vem sendo trabalhada desde os anos de 1902 no Brasil, e se faz presente em uma boa parte da costa brasileira desde os Estados do Amapá até o Rio de Janeiro, Matoso e Robertson (1959) e Nascimento et al (1981) classificam a unidade como todas as rochas não consolidadas que recobrem o cristalino ou que parecem ter sido depositadas discordantemente sobre rochas de idade cretácea.

Conforme Souza (1988) e Souza (2000), a distribuição da Formação Barreira ocorre de uma maneira continua e paralela ao longo de boa parte do litoral do Estado do Ceará em meio a terrenos dissecados em interflúvios tabulares, os chamados tabuleiros pré-litoraneos e é composta por uma complexidade de fácies sedimentares.

Na região do extremo oeste do município de Icapuí, a Formação Barreiras se apresenta sob a forma de estruturas horizontalizadas e não deformadas ou com camadas basculhadas e afetadas por deformação de forte magnitude, na localidade onde não há deformação, as falésias expõem o nível mais acima, o que é composto por arenitos médios a grossos, com intercalações de níveis conglomeráticos de coloração avermelhada (Souza, 2008).

Já nas falésias com rochas deformadas, onde o nível inferior da Formação Barreiras está em condições de melhor visibilidade, os arenitos médios a finos podem ser evidenciados e possuem coloração variando de amarelo, roxo e vermelho, apresentando altos níveis de oxidação (Figura 9).

3.2.3.2 Falésias

O litoral extremo oeste do município de Icapuí apresenta uma feição característica com caimento abrupto, essas feições são chamadas de falésias que são esculpidas pela ação das ondas sobre as rochas e perfazem-se visíveis ao longo do litoral do município. Ao passo que o processo de erosão se faz presente de modo contínuo, essas falésias são chamadas de falésias vivas; caso este processo não se faça mais presente, isto é, quando a rocha não sofre mais a abrasão marinha, a falésia é denominada de falésia mortas.

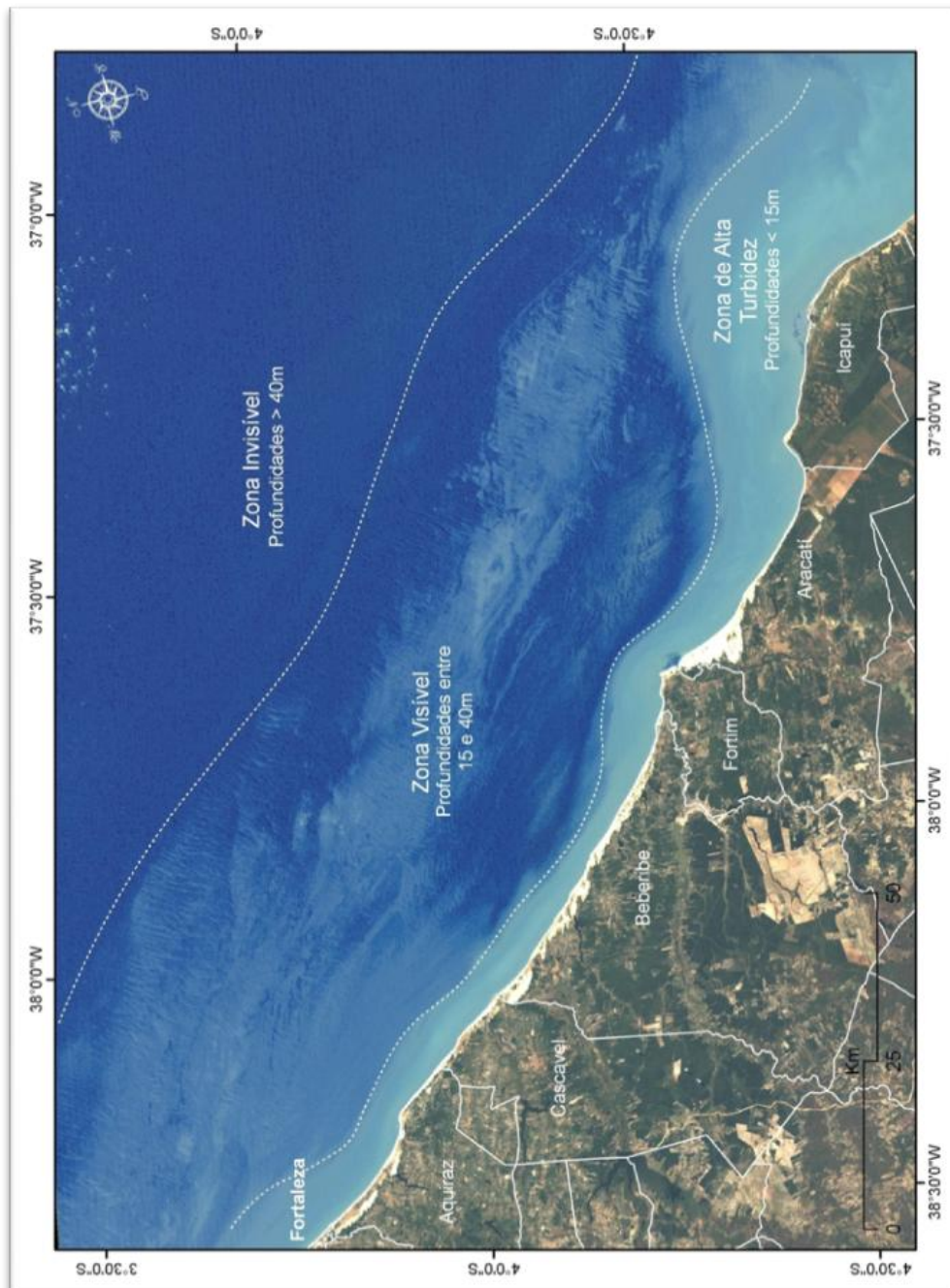
3.2.3.3 Terraços marinhos e barreiras arenosas

Os terraços marinhos podem ser identificados em alguns setores da planície costeira de Icapuí. Desta forma, na área em estudo, foi possível identificar esta feição na Praia de Ponta Grossa. Segundo Meireles (1991) os terraços marinhos são resultantes do período de transgressão marinha, algo recorrente em Icapuí. Em associação aos terraços podem ser identificadas também as barreiras arenosas que foram formadas paralelas à linha de costa com auxílio dos processos costeiros atuantes na região (e.g. ventos, ondas, correntes e marés) e o afogamento das praias e dunas durante as variações do nível do mar.

Esta feição é facilmente vista em períodos de maré de sizígia, quando o alcance da maré atinge o máximo na preamar e baixamar, assim, formam-se pequenas lagunas, principalmente nos meses de fevereiro a março quando o swell passa a ter grande influência sobre a dinâmica no local.

A Plataforma Continental do Ceará pode ser visualizada com riqueza de detalhes por meio do processamento de imagens do satélite LANDSAT 5 TM (sigla de *thematic mapper*, ou mapeador temático) em trabalho realizado por Monteiro (2011). Esse satélite capta imagens em sete diferentes faixas do espectro, uma delas (com comprimentos de onda entre 450 e 520 nanômetro) com grande capacidade de penetração nas águas costeiras do Nordeste Brasileiro. Isso ocorre em particular no litoral cearense, entre os municípios de Fortaleza e Icapuí, onde a transparência da água é elevada (Figura 3.2.3.1). Em que se pode observa bem nitidamente três divisões : Zona de Alta Turbidez com profundidade a baixo de 15 metros. Zona visível com profundidade entre 15 e 45 metros e Zona invisível com profundidade acima de 45 metros.

Figura 7 - Imageamento do fundo do mar entre Fortaleza e Icapuí, obtido por meio do processamento de imagens de satélite. Nas áreas mais próximas da costa, a turbidez da água impede a visualização do fundo. Fusão da composição coloria RGB 321 + Banda 1.



Fonte: Hislei 2011

3.3 OCEANOGRAFIA

3.3.1 Considerações Gerais

Os parâmetros abordados no estudo são: **temperatura, salinidade, material em suspensão e corrente.**

A **Bacia Potiguar** localiza-se no extremo leste Equatorial Brasileira, compreendendo uma porção emersa e outra submersa. A Bacia encontra-se em sua maior parte no Estado do Rio Grande do Norte e parcialmente no Estado do Ceará. Geologicamente é limitada a sul, leste e oeste pelo embasamento cristalino, estendendo-se para norte até a isóbata de 2.000 m. O **Alto de Fortaleza** é o seu limite oeste com a Bacia do Ceará, enquanto o **Alto de Touros** define seu limite leste com a Bacia Pernambuco-Paraíba. A Bacia abrange uma área total de aproximadamente 60.000 km², sendo que 24.000 km² encontram-se emersos e 36.000 km² submersos (Bizzi et al., 2003).

3.3.2 Características Oceanográficas da Temperatura

No período de estiagem, a temperatura das águas superficiais na plataforma interna do costa do Ceará é muito homogênea, variando em torno de 27° C a 29° C.

No período chuvoso, a temperatura média das águas superficiais baixa, variando de 27° C a 28° C. Isso se deve a menor incidência dos raios solares na superfície dos oceanos, devido a maior nebulosidade que ocorre no período.

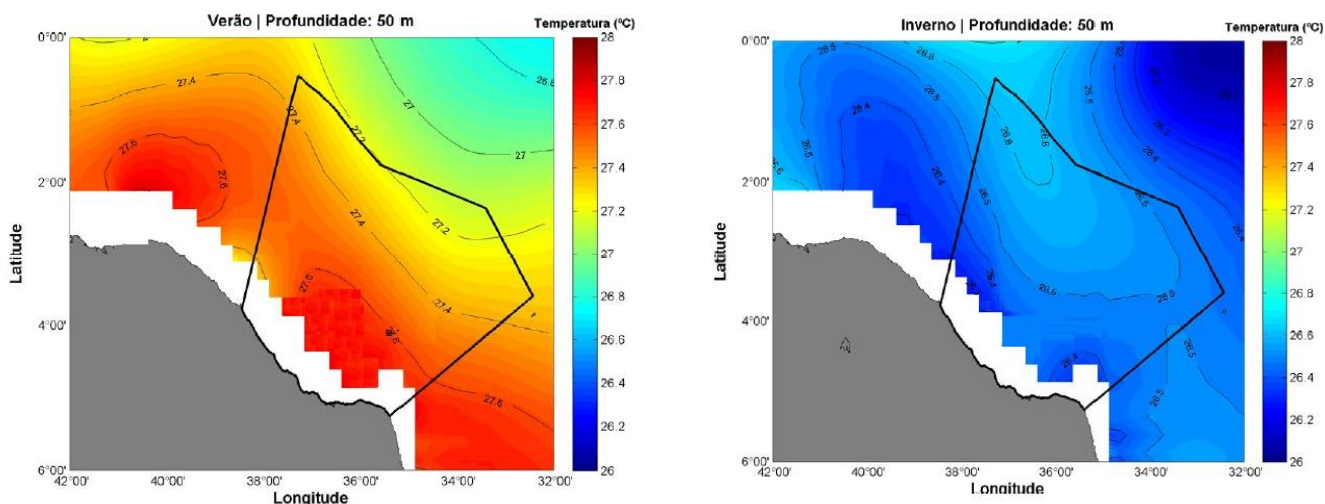
A partir da **climatologia** sazonal do WOA05 (*World Ocean Atlas 05*) do NODC é possível obter uma boa estimativa da temperatura climatológica na região da Plataforma Continental. Os campos que compõem a base de dados da climatologia WOA05 consistem da análise objetiva de dados irregularmente espaçados, gerando uma grade global com resolução espacial de 1/4°. Estes campos são tridimensionais e os dados são interpolados em 33 profundidades padrão desde a superfície até 5.500 m de profundidade. Temporalmente, esta climatologia consiste na média realizada para o período compreendido entre os anos de 1900 e 2005. Sendo que o período de verão compreende a média realizada para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, e o inverno é composto pela média dos meses de junho, julho e agosto. Como mostra a tabela 3.3.2.1

Tabela 1 - Variação da temperatura climatológica sazonal nos níveis de 0 e 50, de profundidade para os períodos de verão e inverno.

	Verão		Inverno	
Profundidade (m)	Mínima (°C)	Máxima (°C)	Mínima (°C)	Máxima (°C)
0	27,0	28,0	26,3	28,0
50	26,6	27,9	25,9	26,9

Fonte: NODC.

Figura 8 – Temperatura climatológica a 50 m de profundidade na região da Bacia Potiguar para o período de verão (superior) e inverno (inferior).



Fonte: NODC.

3.3.3 Características Oceanográficas da Salinidade

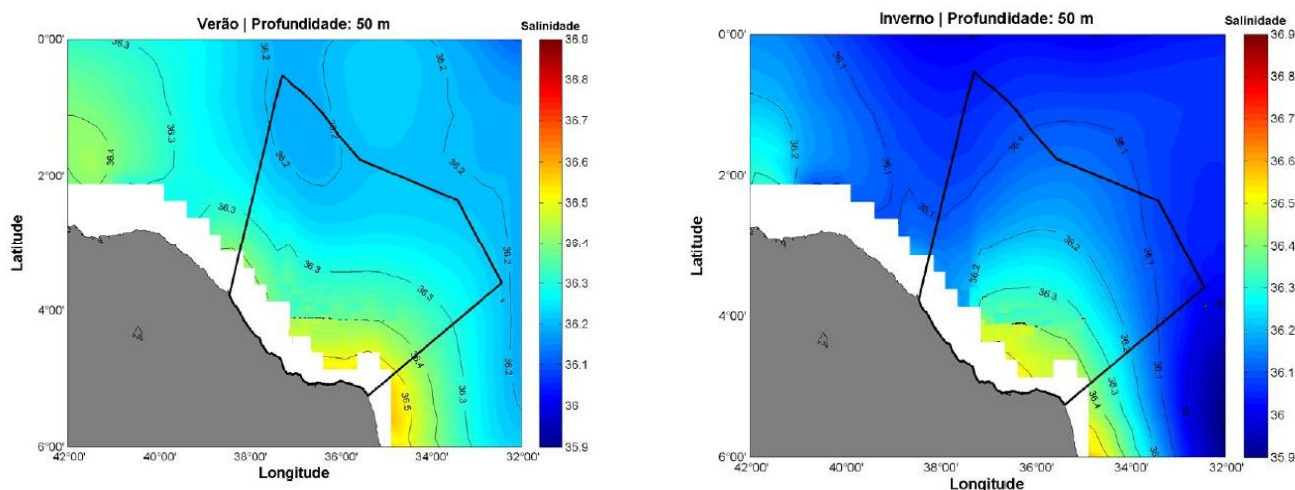
Na Plataforma Continental do Ceará (PCC), de acordo com Freire (1985), que durante a operação GEOMAR XVIII, os valores encontrados ficaram em torno de 36 e 38‰. No verão que coincide com a época das chuvas nas bacias de drenagens dos rios, obtêm-se valores na ordem de 36‰ essa medida coincide com os encontrados por Barreto e Summerhayes (1975).

A salinidade climatológica superficial da região se encontra entre 35,8 e 37,10 no período de verão, e entre 35,76 e 37,37 no período de inverno. Na Tabela 1 observa-se a variação da **salinidade climatológica sazonal, na parte interna da Bacia Potiguar.**

Tabela 2 – Salinidade climatológica sazonal

	Verão		Inverno	
Profundidade (m)	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
0	35,83	36,75	35,76	36,95
50	35,97	36,94	35,86	36,85
100	35,69	37,10	35,66	37,37

Fonte: NODC.

Figura 9 – Salinidade climatológica a 50 m de profundidade na região da Bacia Potiguar para o período de verão (superior) e inverno (inferior).

Fonte: NODC.

3.3.4 Características Oceanográficas do Material em Suspensão

Os estudos realizados na Plataforma Continental Nordeste por Barreto & Summerrhayes (1975), demonstraram a concentração de material em suspensão varia em média de 1,0 mg/L, próximo a costa e 0,12 mg/L, nas proximidades dos taludes.

Na foz do rio Coreaú e Jaguaribe, foi encontrado por Freire (1985), uma concentração média do material em suspensão variando de 0,19 mg/L na superfície e de 0,23 mg/L no fundo. O autor interpreta que os baixos índices pluviométricos registrados no Estado do Ceará está diretamente correlacionado com a concentração de material em suspensão na plataforma continental.

Na plataforma interna a correlação de Material em Suspensão, variou de 0,85 mg/L a 2,05mg/L, com maior concentração ocorrendo nas proximidades das embocaduras dos grandes rios.

3.3.5 Características Oceanográficas das Correntes

No Projeto Geomar XVIII foram realizado os monitoramentos, com quatro estações correntometria, assim localizadas, na plataforma externa e interna, próximo ao rio Jaguaribe e foz do rio Coreaú. Na situação leste, foram registradas corrente com velocidade média de 0,23 m/s e direção variando de 294°N a 333°N°. Na situação a oeste de Fortaleza, apresentou uma corrente geral com velocidade da ordem de 0,24 m/s e direção de 238° N na superfície e velocidade de 0,21 m/s com direção 87° N no fundo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 METODOLOGIA DE COLETA - AMOSTRAS DE SEDIMENTOS

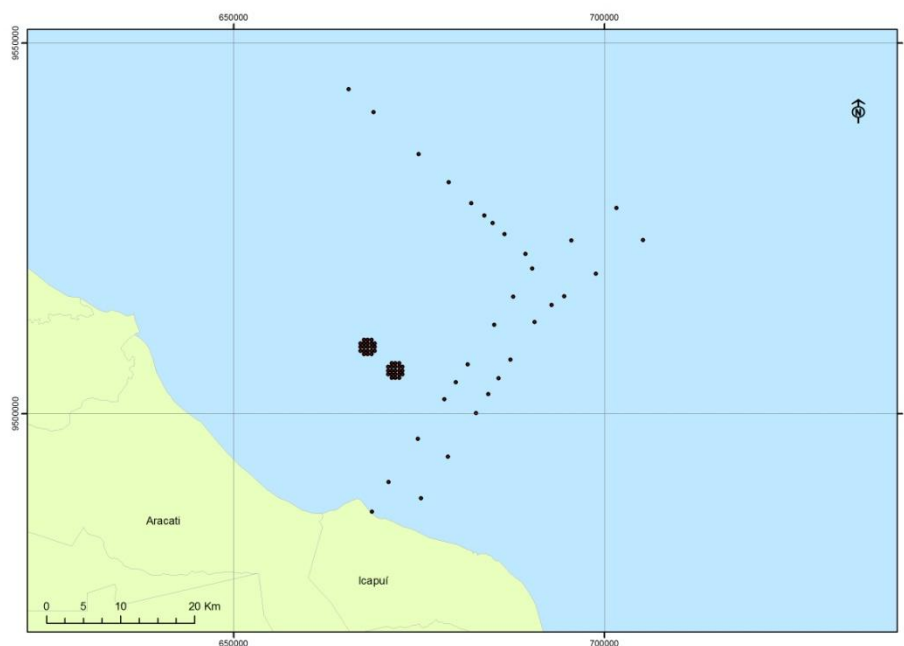
Foram coletadas 72 amostras de sedimento ao longo das campanhas de Caracterização do Município de Icapuí à Beberibe realizadas entre 2011 à 2013.

Para as quatro campanhas (julho de 2010, maio de 2010; novembro de 2011 e janeiro de 2013), os trabalhos foram desenvolvidos em duas etapas: A primeira, nas estações situadas em águas mais rasas que 10 m utilizando-se as lanchas Piracicaba e Pegasus I. A segunda etapa a bordo do N/RB Astro Garoupa, e Jonas nas demais estações da malha amostral de caracterização ambiental da Plataforma Interna, com profundidades superiores a 60m.

Para uma análise do conjunto dos dados das campanhas, as estações de coleta na malha amostral de caracterização da Plataforma Interna foram agrupadas em 4 transectos paralelos a linha de costa.

A figura 10 localização da coletas das amostras realizadas nas duas campanhas.

Figura 10 - Localização das coletas das campanhas 1 e 2.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A tabela 3 mostra a classificação das amostras com localização em UTM e profundidade (anexo – 01), como também o número das amostras, com um total de 72 amostras que foram feitas as análises.

Tabela 3 - Localização profundidade e número de amostras coletadas nas campanhas

Malha amostral de Caracterização	Localização	Profundidade	Número de Amostra
Amostra - A	Plataforma Interna	12 a 13 m	42
Amostra - J	Plataforma interna	20 a 35 m	09
Amostra - P	Plataforma interna/externa	5 a 70 m	21
TOTAL			72

4.2 ANÁLISES DAS AMOSTRAS

As análises apresentados neste item correspondem a dados primários, deve-se salientar que em Geologia o termo amostra tem um conceito muito forte, significando uma porção física de uma rocha, de um testemunho, solo etc.

Uma amostra geológica é, portanto, um indivíduo que pertence a uma amostra em termos estatísticos.

Como raramente o conjunto de observações acha-se disponível, os parâmetros populacionais têm de ser inferido mediante estatísticas derivadas de amostras. Segundo a metodologia estatística para que amostras possam fornecer informações úteis a respeito da população, é necessário:

- a) Definir a população;
- b) Que as amostras sejam aleatórias, isto é, tenham sido coletadas com imparcialidade

Deve-se definir entre população visada e população amostrada; a população visada é aquela sobre a qual se está interessado e se deseja fazer inferência e a população amostrada é aquela que foi submetida a processo de amostragem

Para que a partir de um determinado número de observações, isto é, de amostras, se possam estimar o comportamento do conjunto de todas as observações em potencial, ou seja, da população, é necessário que esses subconjunto sejam coletados de tal modo que cada observações tenham a mesma chance de ser escolhida. Quando uma a mostra é obtida segundo esse critério denomina-se **casual ou aleatório**.

É importante salientar que na legislação brasileira não existem padrões para se avaliar a qualidade do sedimento em águas oceânicas. Na tese foram feitos os estudos de sedimentos no laboratório com pesquisa de um grande números de publicações sobre o assunto de métodos e técnicas de grandes autores como Krumbein & Pettijohn (1938), Twenhofel & Tyler (1940), Strakhov (1958), Köster (1960), Miner (1964) e Sugui (1973).

Primeiramente são consideradas as campanhas para embarcações e equipamentos usados e depois os trabalhos de laboratórios. Mas precisamente na segunda etapas que foram realiza entre **25/02 à 01/03/2013**, na embarcação JONAS como mostra a foto 1.

Foto 1 - Embarcação “JONAS” utilizada para pesquisa de campo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A função de Sonar/Fishfinder do Garmin GPSMap 512 permite observar com clareza através de seu potente transdutor com capacidade para atingir até 450 metros de profundidade, alvos de pescas e obstáculos como rochas e demais estruturas, contornos de profundidade na batimetria.

Como também foi utilizado o amostrador *Van- Veen* do LGCO que tem como funcionamento facilitado por braços fusionados a cada pá, que atuam como sistema de alavancas, facilitado seu fechamento, e de simples manipulação e boa penetrabilidade mesmo em sedimentos arenosos e mantém a camada sedimentar estruturada como mostra a fotos 2 e 3.

Foto 2 e 3. – *Van-Veen* e coleta de sedimentos na plataforma interna.

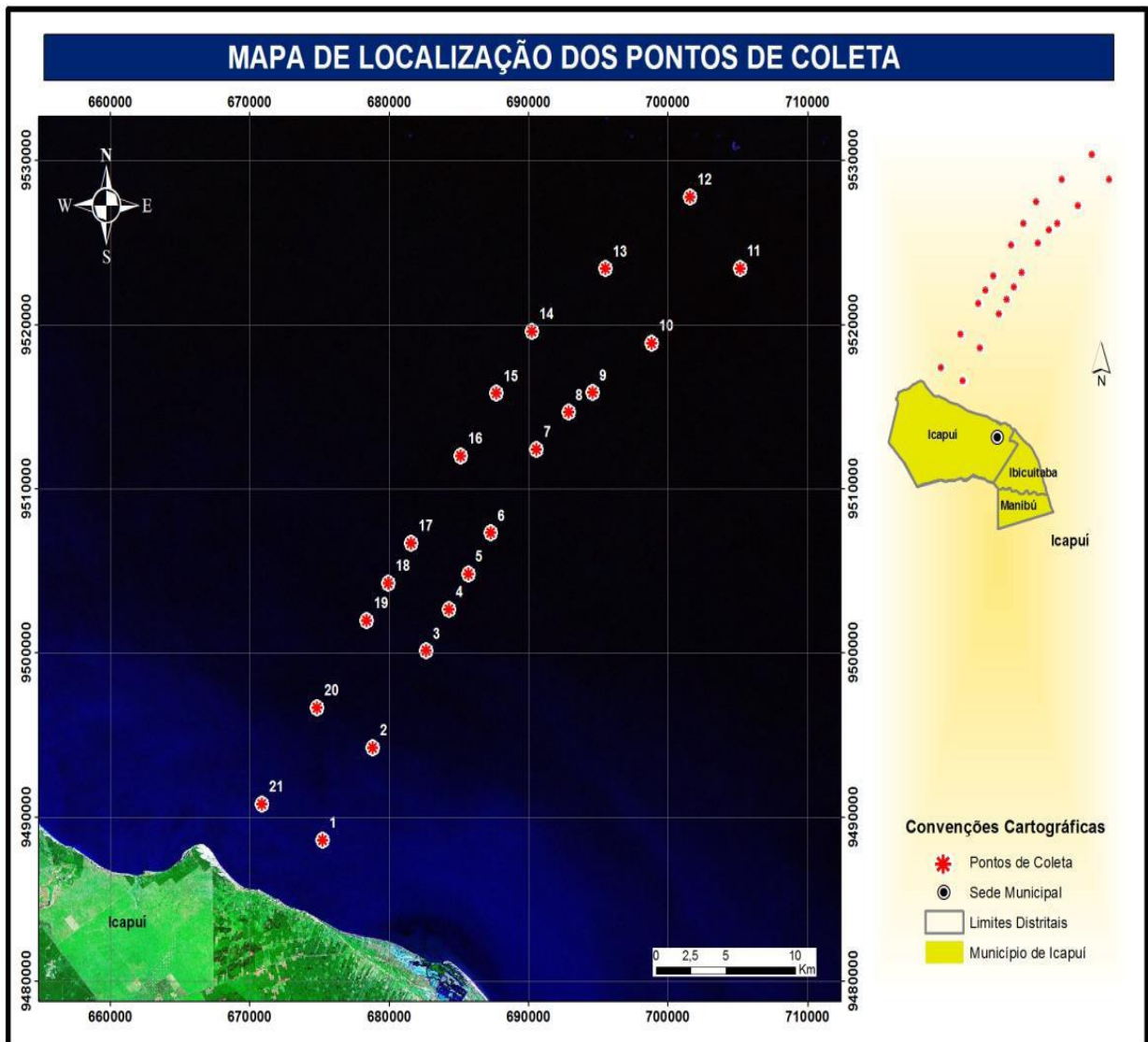


Fonte: Elaborado pelo autor.

O armazenamento das amostras foi acondicionado em *freezer*, para que sejam conservadas suas características naturais, como matéria orgânica e teor de carbonato de cálcio.

Em seguida a segunda fase de campo foi feitas as coletas das amostras **do perfil P**, ou seja, o perfil mais longo e distante da Plataforma Interna saindo da praia de Peroba á uma distância de 60 km da costa com profundidade de 50 metros foram coletados 21 amostras para análise de laboratório do LGCO. Como mostra o mapa 4.2.4 do perfil P.

Figura 10 – Perfil P da segunda etapa da campanha

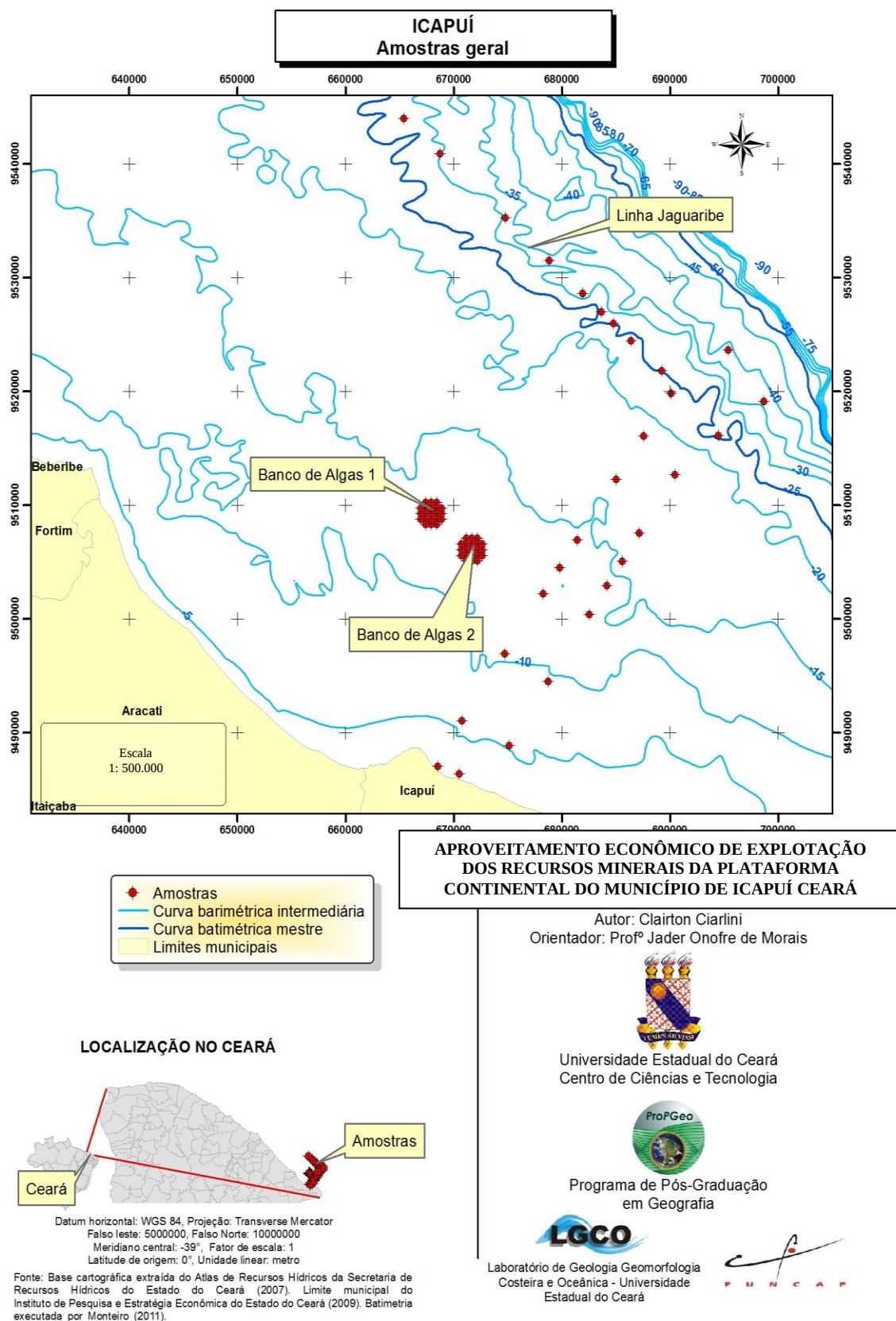


Fonte: Elaborado pelo autor.

No laboratório depois de coletada as amostras são feitas as análise granulométricas, a composição mineralógica, especialmente dos argilos – minerais, as particularidades da textura e micro-estrutura, incluindo cor e porosidade, forma e superfície dos grãos detríticos e apresentação e dos dados obtidos em diagramas, mapas, tabelas etc.

O Mapa 4 de toda a área pesquisada mostra a batimetria de todos os pontos coletados nas campanhas. Destaque para os dois bancos de algas. concentração de bioclásticos, entre as isóbatas 10 e isóbata 15, com coleta de 42 amostra para serem analisadas no LGCO.

Figura 11 – Mapa de batimetria de toda a área pesquisada



Fonte: Elaborado pelo autor.

Todas as saídas de campanha foram realizadas na praia de Peroba pela facilidade de embarque e desembarque das campanhas distrito próximo de Icapuí.

As condições de tempo e condições oceânicas durante as campanhas sempre foram monitoradas por meio de programa como Surfguru, e acompanhamento de pluviosidade do site diário de FUCEME, de estações próxima a Icapuí. Já condições de vento também foram monitoradas pelo mesmo site Surfguru.

A jornada diária de trabalho de campanhas, normalmente depois de consultada as condições de tempo e chegada ao ponto de embarque eram sempre iniciadas aproximadamente a 08h, 40min, com término às 16h30min, somente no perfil mais longo por condições já conhecidas é que a chegada foi um pouco mais tarde às 17h45min.

4.3 PREPARAÇÃO DE AMOSTRA NO LABORATÓRIO DO LGCO

4.3.1 Secagem de amostra

Todos os sedimentos são secados antes de qualquer tratamento, já a temperatura vai depender do tipo de análise que se pretende efetuar, como as areias normalmente as temperaturas variam de 105 à 110 °C. Mas as amostras que apresentam mais argilas as temperaturas foram mantidas a entre 50 a 60 °C para não modificar, pois, os argilos - minerais sensíveis a temperatura que eventualmente esteja presentes, tais como halloysita que desidrata a 60 °C.

Como também para evitar endurecimento do material coletado na plataforma interna. Dependendo da amostra, deve-se aumentar o tempo de secagem do sedimento.

As amostras dos perfis feitas acima foram secadas em uma estufa para esterilização e secagem da marca **NEVONI 1.6**, com temperaturas de aproximadamente em torno de 65°C, por um período não superior a 72 horas. Em seguida retirada 100g para fazer as análises. Como mostra a figura 4.3.

Foto 4 – Estufa utilizada para secagem das amostras



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4 GRANULOMETRIA

O termo granulometria significa literalmente medida de tamanho dos grãos. Certos materiais, minerais ou não, apresentam-se naturalmente ou artificialmente sob forma de partícula ou grãos. Frequentemente sendo a granulometria desses materiais uma das suas propriedades físicas fundamentais, sendo de grande interesse o conhecimento da análise granulométrica ou análise mecânica. Existem duas maneiras de apresentação dos diâmetros dos grãos, e, **mm** ou em valores **Φ phi** que foi introduzido por Krumbein (1934) em virtude de facilitar o cálculo estatístico.

O procedimento para a análise granulométrica por peneiramento é ilustrada na figura 5.

Foto 5 – Peneiras e Agitador de Peneiras RO – TAP e escala comparativa de phi e mm.



CLASSIFICAÇÃO	Phi	mm	
Areia muito grossa	-1 a 0	2	a 1
Areia grossa	0 a 1	1	a 0,5
Areia média	1 a 2	0,5	a 0,25
Areia Fina	2 a 3	0,25	a 0,125
Areia muito fina	3 a 4	0,125	a 0,0625
Silte	4 a 8	0,0625	a 0,0039
Argila	> 8		< 0,0039

Fonte: Elaborado pelo autor.

As peneiras escolhidas são colocadas uma sobre as outras, em ordem decrescente de abertura de telas. Elas têm um encaixe, de modo que não haja perda de material, uma tampa e um fundo. Uma massa de sedimento suficiente para fornecer massas significativas em cada tela em decorrência do seu peso é colocada na tela maior. O conjunto é levado a um dispositivo vibrador e lá é deixado vibrando por um tempo suficiente para que haja a separação das partículas de diferentes tamanhos.

A finalidade da análise granulométrica varia de acordo com o campo de atividade, em nosso caso foi utilizada para saber o **hidrodinamismo** (ação de ondas e corrente) e em parte a **história geológica da área**, como também **a quantidade de energia** de transporte das áreas alvos. Enfim, **caracterizar e classificar os sedimentos** com um mínimo de subjetividade, **correlacionar sedimentos** de áreas diferentes por meios de tratamentos estatísticos adequado, **dar idéias sobre porosidade e permeabilidade** do sedimento, **inferir idéias** sob a **gênese dos sedimentos**, no que diz respeito ao modo de **transporte, e deposição** principalmente em sedimentos clásticos, preparar os sedimentos para estudos **de minerais pesados**.

A maioria dos sedimentos são heterogêneos em relação à sua granulometria, existindo freqüentemente partículas argilosas até areias grosseiras e muito grosseiras ou, ainda, grânulos e seixos. Esse fato é verificado não somente com sedimentos modernos ou antigos em trabalho geológicos. Portanto, se faz necessário quase sempre em combinar os métodos de análises de maneira que os grosseiros sejam geralmente peneirados e os mais finos separados geralmente por diversos processos, que são baseados na **Lei de Stokes**. Por conveniência prática usa-se como limite das frações grossa e fina supramencionadas a **granulação de 1/16mm (0,062mm)**. Esta granulação corresponde ao extremo inferior (areia muito fina) de granulação para diferentes classes de areias na classificação **Wentworth**. Além disso, esta granulação está próxima do limite de aplicabilidade da lei de Stokes.

Segundo ainda, Suguio (1973), para os sedimentos mais finos, o processo do peneiramento permanece até hoje como o método universal e absoluto na análise das frações arenosas.

Para se executar o peneiramento dispomos de **peneira de 8 pol** de diâmetro de armação de 1 ou 2 pol de altura, possuindo telas com malhas padronizadas, que geralmente podem ser combinadas seguindo uma determinada escala granulométrica como pólas são fabricadas por exemplo escala de Wentworth. Apesar de uma tabela ter sido proposta por John A. Udden em 1898, ela foi modificada e estendida por C.K. Wentworth em 1922 e se tornou popular, sendo denominada de **Escala de Wentworth**. Ela define o seguinte limites:

- a) argila ($< 4 \mu\text{m}$) -
- b) silte ($> 4 \mu\text{m} < 64 \mu\text{m}$) -
- c) areia ($> 64 \mu\text{m} < 2\text{mm}$) -
- d) grânulo ($> 2\text{mm} - < 4\text{mm}$) -
- e) seixo ($> 4\text{mm} - < 64\text{mm}$) -
- f) bloco ou calhau ($> 64\text{mm} - < 256\text{mm}$) -
- g) matacão ($> 256\text{mm}$).

Porém, ela não atendia bem a subgrupos de solos com dois ou mais tipos de solos, como a classificação de areia fina, silte grosso, etc. Então procurou-se classificar em ordem de abundância. Surgiram assim outras escalas, como a **Escala de Krumbein**, baseada

nesta primeira escala e todas são comumente utilizadas pelos sedimentólogos. Krumbein usa o **phi** (Φ) e introduz a escala logarítmica definida por :

$$D = D_0 2^{-\phi}$$

Tal que:

D é o diâmetro da partícula.

D_0 é um diâmetro referência, igual a 1 mm.

ϕ é a *escala phi*.

$\phi = -\log_2(\text{tamanho do grao em mm})$.

Tabela 4 – Comparação de escalas, dimensões

ϕ escala	Dimensões (metros)	Dimensões (aprox. em polegadas)	Nome dos agregados (Escala de Wentworth)	Outros nomes
< -8	> 256 mm	> 10.1 in	<u>Rocha</u>	
-6 até -8	64–256 mm	2.5–10.1 in	<u>Seixos</u>	
-5 até -6	32–64 mm	1.26–2.5 in	<u>Cascalho</u> muito grosso	<u>Seixo</u>
-4 até -5	16–32 mm	0.63–1.26 in	<u>Cascalho</u> grosso	<u>Seixo</u>
-3 até -4	8–16 mm	0.31–0.63 in	<u>Cascalho</u> médio	<u>Seixo</u>
-2 até -3	4–8 mm	0.157–0.31 in	<u>Cascalho</u> fino	<u>Seixo</u>
-1 até -2	2–4 mm	0.079–0.157 in	<u>Cascalho</u> muito fino	<u>Grânulo</u>
0 até -1	1–2 mm	0.039–0.079 in	<u>Areia</u> muito grossa	
1 até 0	½–1 mm	0.020–0.039 in	<u>Areia</u> grossa	
2 até 1	¼–½ mm	0.010–0.020 in	<u>Areia</u> média	
3 até 2	125–250 μm	0.0049–0.010 in	<u>Areia</u> fina	
4 até 3	62.5–125 μm	0.0025–0.0049 in	<u>Areia</u> muito fina	
8 até 4	3.90625–62.5 μm	0.00015–0.0025 in	<u>Silte</u>	
> 8	< 3.90625 μm	< 0.00015 in	<u>Argila</u>	
>10	< 1 μm	< 0.000039 in	<u>Coloidal</u>	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os **Parâmetros Estatísticos** foram introduzidos alguns parâmetros simples para melhor compreensão das análise das amostras, esses parâmetros são comparados entre si de forma a facilitar sua compreensão. Os **parâmetros centrais** como mediana, e os **parâmetros de dispersão** tais como seleção, simetria e curtose.

A escala mais utilizada é a **escala de Φ** e os valores necessário para os cálculos desses parâmetros podem ser facilmente determinados pela **curva**

cumulativa. Basta determinar certa percentagens, utilizando a escala Φ que vai de **16 a 84%** para os tamanhos dos grãos.

A **mediana** é o tamanho onde a curva cumulativa cruza a linha de 50%. Na escala de Φ , $Md_{\Phi} = \Phi_{50}$. Este valor ocupa a posição central de maneira que existe um número igual de observações cujas medidas sejam inferiores e superiores a este valor.

O **índice de seleção** usado foi o de Krumbein & Pettijohn (1938), é definido como meio afastamento entre duas percentagens a distância igual ao centro. Na escala Φ o índice fica simples chamando de $Qd_{\Phi} = \frac{1}{2} (\Phi_{75} - \Phi_{25})$. O índice de dispersão não leva em conta as partes das curvas cumulativas compreendidas entre 0 a 25, e 75 e 100%. Uma curva cumulativa pode ser assimétrica em relação a mediana, isto é, podem dominar seja as partículas mais grosseiras, seja as partículas mais finas. Assim se emprega o valor de Sk , calcula-se geralmente o $\log_{10}Sk$, negativo significa que a dispersão das partículas finas é maior, positiva o contrário, e o 0 (zero) que a amostra é simétrica.

4.4.1 Resultados das Amostras

Os sedimentos coletados na área são compostos basicamente por areias muito pobres a moderadamente selecionadas, **de mesocúrticas a extremamente leptocúrticas**. Como mostra a tabela 5.

Tabela 5 – Amostras coletadas no ponto do bloco A.-1

Amostra A-1		Projeto Pronex		Tipo 1
Latitude		Longitude		Peso Total 97,24
D(MM)	PHI	Peso	Frequência %	Frequência Acumulada
16	-4	0	0	0
11,3137	-3,5	0	0	0
8	-3	0	0	0
5,6569	-2,5	0	0	0
4	-2	0	0	0
2,8284	-1,5	4,67	4,8026	4,8026
2	-1	4,14	4,2575	9,0601
1,4142	-0,5	2,95	3,0337	12,0938
1	0	3,06	3,1469	15,2406
0,7071	0,5	2,69	2,7664	18,007
0,5	1	6,36	6,5405	24,5475
0,3536	1,5	8,76	9,0086	33,5561

0,25	2	12,19	12,536	46,0921
0,1768	2,5	38,24	39,3254	85,4175
0,125	3	12,96	13,3278	98,7454
0,0884	3,5	0,6	0,617	99,3624
0,0625	4	0,62	0,6376	100
0,0442	4,5	0	0	100
0,0313	5	0	0	100
0,0156	6	0	0	100
0,0078	7	0	0	100
0,0039	8	0	0	100
0,002	9	0	0	100
0,001	10	0	0	100
0,0005	11	0	0	100
0,0002	12	0	0	100

Fonte: Elaborado pelo autor.

Percentis

:

PHI5	-1,477	PHI16	0,137	PHI25	1,025
PHI75	2,368	PHI84	2,482	PHI95	2,859

Parâmetros estatísticos

Mediana	2,05
Média	1,556
Selecionamento	0,999
Assimetria	-0,629
Curtose	1,324
Curtose (norm)	0,57

Classificação por frequência simples

Cascalho	9,06
Areia muito grossa	6,181
Areia grossa	9,307
Areia média	21,545
Areia fina	52,653
Areia muito fina	1,255
Silte	0
Argila	0

Classificação pela média

=>AREIA MEDIA <

Classificação textural de Folk

AREIA COM CASCALHO ESPARSO
MODERADAMENTE SELECIONADA

LEPTOCURTICA

ASSIMETRIA MUITO NEGATIVA

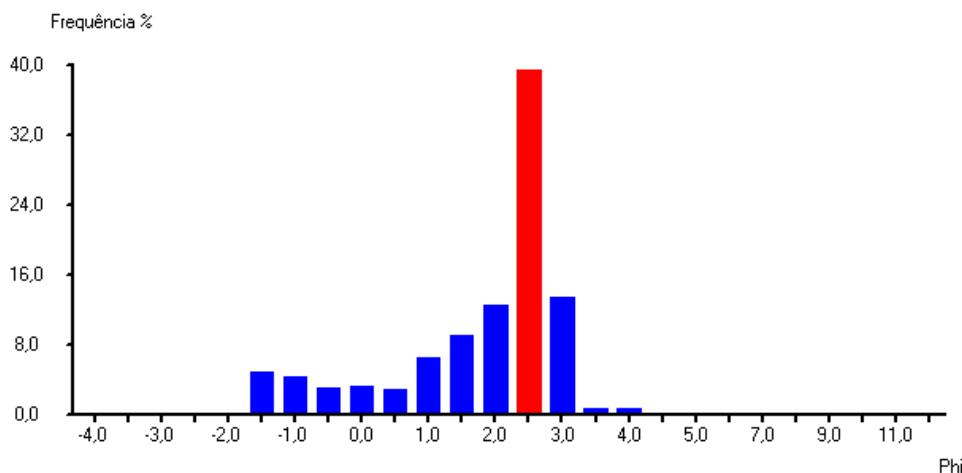
Classificação Larssonneur (Dias/96)

AL1e Areia litoclástica fina a m.fina

Classificação Shepard

-9 Indefinido

Gráfico 1 - Histograma da amostra A1



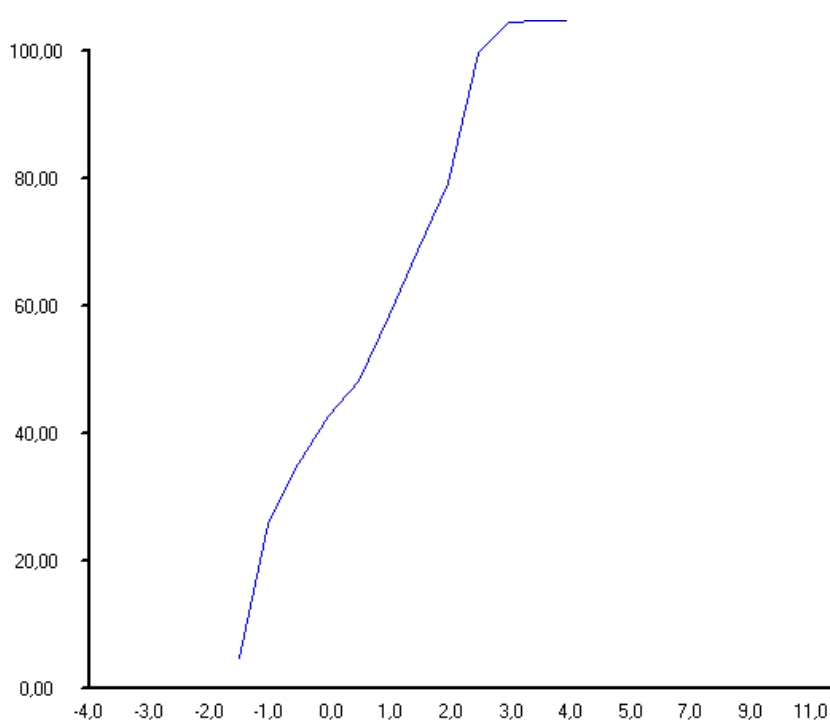
Fonte: Elaborado pelo autor.

O **histograma** é a representação estatística mais usada na granulometria. Para este propósito os resultados das análises são compilados em tabelas de frequência que mostram os intervalos de classes, geralmente como porcentagem do peso total. Os diâmetros em mm, seus logaritmos ou ainda diâmetro equivalente são usados como variáveis independente e a frequência é a variável dependente. Em geral, os intervalos de classe estarão situados ao longo do eixo $-x$ e acima de cada uma das classes estarão situados os retângulos como larguras igual ao intervalo de classe e a altura proporcional à frequência das classes. A área de cada coluna é proporcional ao peso dos grãos na classe correspondente. As larguras das colunas são dadas pelos limites de classe da escala granulométrica escolhidos. Comumente são usadas peneiras cujos intervalos de malhas correspondam à escala de Wentworth, quando a condição acima será satisfeita. Esta condição também será satisfeita quando se usa escala logarítmica decimal ao longo dos valores da abscissa, como escala de Wentworth, porque eles determinam intervalos de classes equivalentes entre si.

As curvas de frequência são equivalentes a curva de contornos suaves desenhadas sobre os histogramas. Possuem formas senoidais mais ou menos definidas e correspondem ao limite dos histogramas, quando os seus intervalos granulométricos se tornam infinitamente pequenos, então as colunas desaparecem e resulta em curva de contorno de sino. Esta curva corresponde a uma distribuição log-normal em muitos sedimentos. Em uma curva de frequência simples podem ser

rapidamente visualizadas: granulação com máxima freqüência ou mínima freqüência (ou várias máximas e varias mínimas em caso de distribuição polimodais), intervalos de distribuição de diferentes classes (que é uma medida de grau de seleção), parâmetro de simetria da distribuição granulométrica.

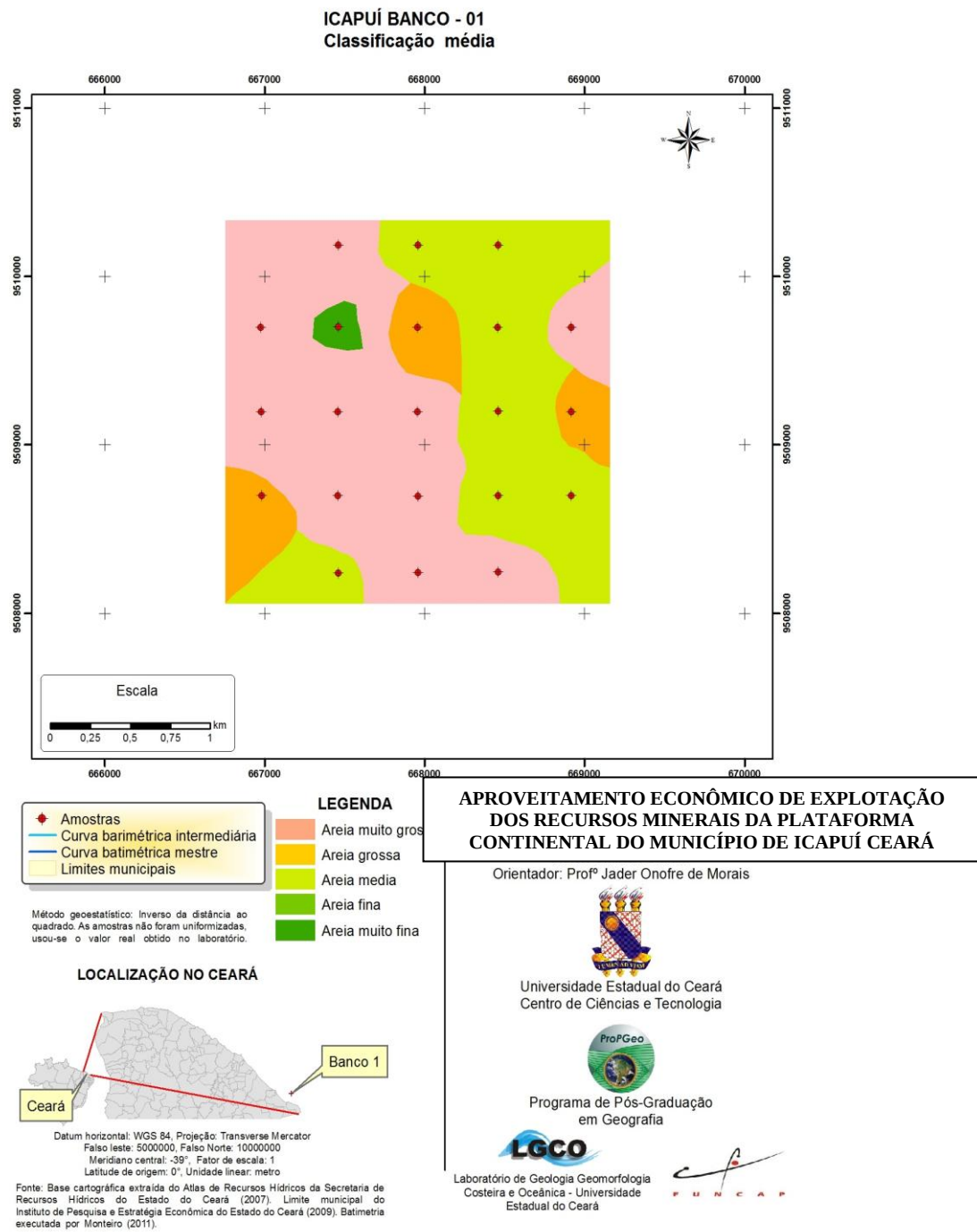
Gráficos 2 – Curva de freqüência da amostra A-1.



Fonte: Elaborado pelo autor.

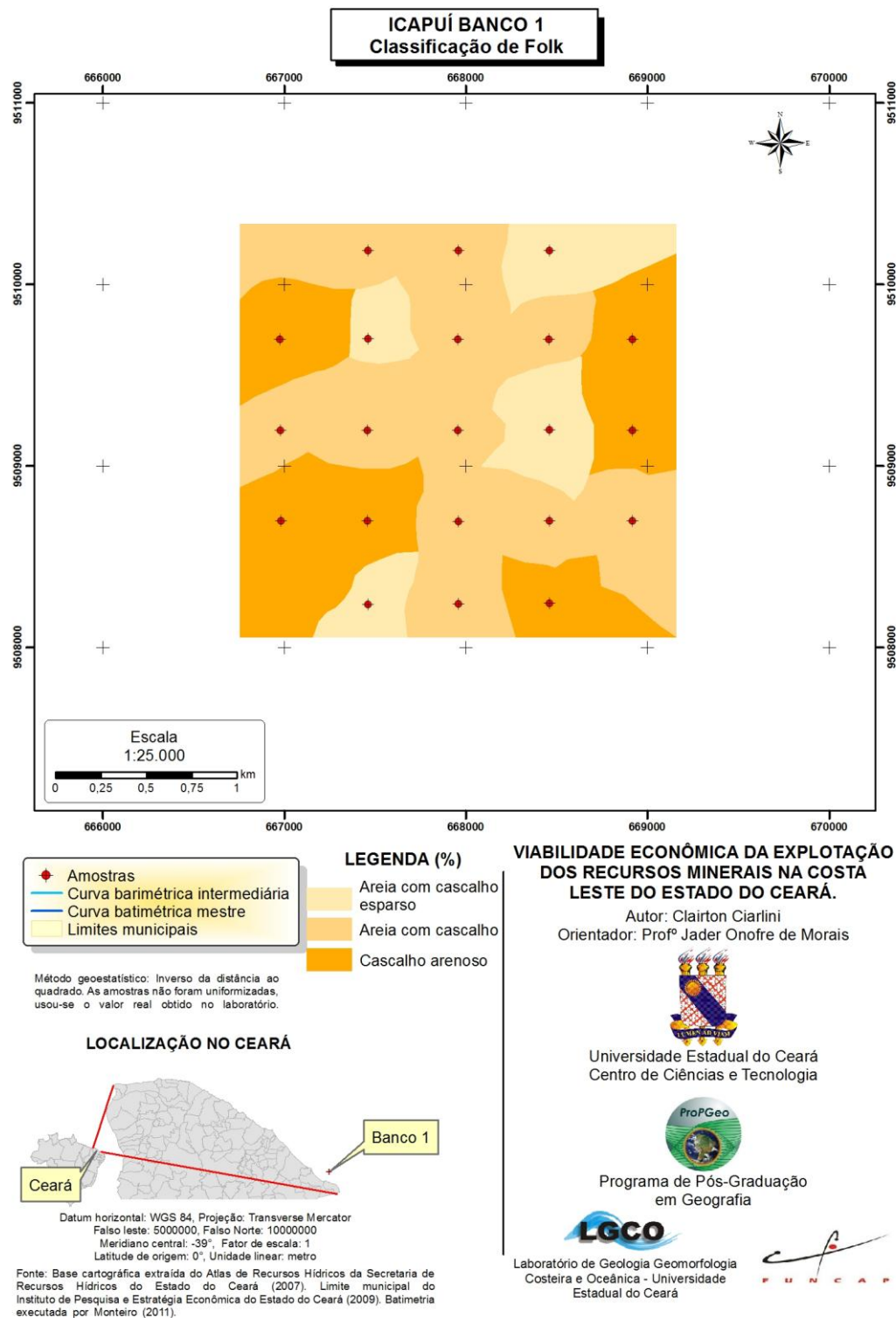
Os gráficos a seguir foram feitos a partir das duas concentrações de bioclásticos mais importante da área, **os banco de algas do banco-01 e do banco de alga -02**. Sendo classificada **pela média, classificação de Folk, Larssonneur /Dias 96 e morfoscopia nos dois bancos**.

Figura 12 – Classificação da granulometria pela média do banco -01



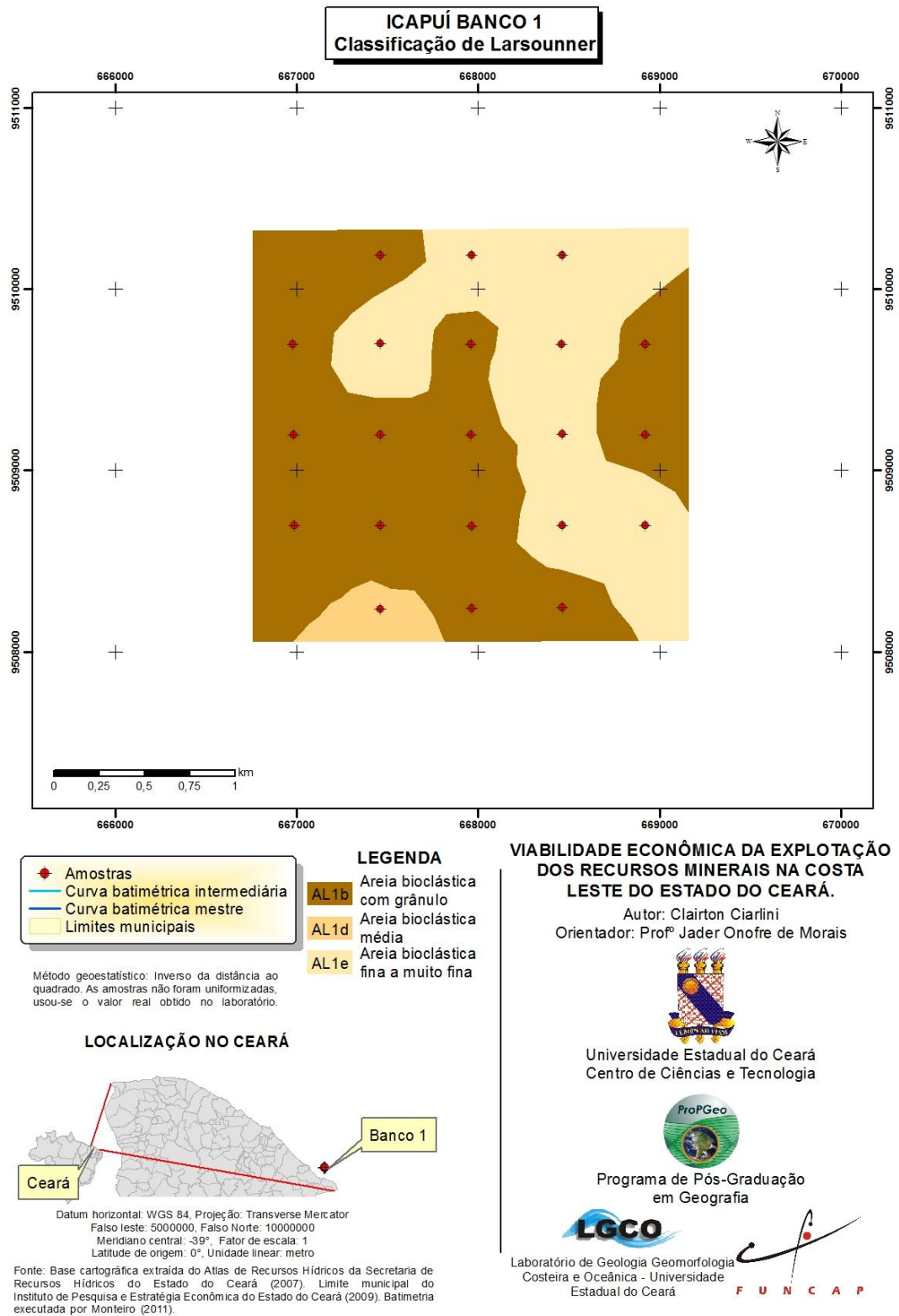
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 13 - Classificação de granulometria Folk banco -01



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 14 – Classificação da ranulometria Larssonneur do banco -01



Fonte: Elaborado pelo autor.

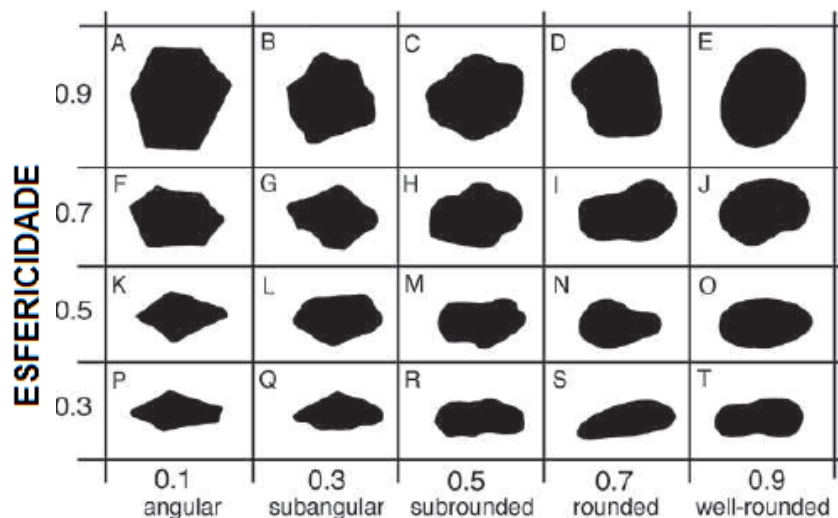
Na descrição morfooscópica na fração grossa (areia muito fina a seixo) dos sedimentos carbonáticos. A análise da fração grossa (-2,0 phi a 1, 0 phi) foi adotada contrapondo ao método tradicional de análise de DIAS (2004) para grãos de quartzo, onde é analisada apenas a fração entre 1,0 phi e 2,0 phi. Essa alteração na análise textural é necessária porque partículas de areia do tamanho de carbonato não podem ser diretamente comparadas com grãos de quartzo ou seixos no que diz respeito às características morfométricas, porque as partículas variam na sua capacidade para resistir destruição mecânica e solução química, e porque grãos de carbonato e grãos de quartzo se diferem nas suas formas iniciais (Flugel, 2010). As frações granulométricas cuja observação conduz, em geral, a bons resultados, são as correspondentes a areia muito grosseira, a areia grosseira e a areia média. (Dias, 2004).

A determinação de sedimentos carbonáticos foi obtida através de análise morfoscopia, empregando de método quantitativo, onde é inicialmente separada a fração mais significativa da amostra, nesta fração separa-se 100 grãos, e deste é contado o percentual de grãos carbonáticos existente na lâmina em comparação com os grãos siliciclásticos. Para este trabalho foi utilizado lupas binoculares modelo Olympus SD30 – Micronal.

Dispostos em um suporte rígido de plástico transparente com traços verticais e horizontais com espaçamentos de 5 mm foram contabilizados 100 grãos saltando as casas diagonais pré-estabelecidas. Os constituintes das classes de areia grossa e média foram analisados com uso de lupa e de fotografias.

Para a determinação da dimensão de arredondamento dos granulados carbonáticos utilizou-se o gráfico de comparação de PILKEY (1967) e escala de KRUMBEIN & LOSS (1963) apud FLUGEL (2010) (Figura 3 e 4). O Gráfico de comparação serve para estimar rolamento e esfericidade grãos do tamanho de areia (adaptado de Krumbein e Sloss, 1963). O arredondamento se refere ao número de arestas e vértices que o clasto possui e a esfericidade

Figura 15 - Gráfico de comparação para estimar rolamento e esfericidade de areia do tamanho de grãos. Arredondamento é mostrado como um aumento (da esquerda para a direita) de angular para arredondado (angular, subangulares, subrolado, rolado, bem rolado). Esfericidade é o grau em que a forma de uma partícula sedimentar aproxima-se de uma esfera. O gráfico é usado na descrição do bioclastos transportados e clastos de calcários



ARREDONDAMENTO

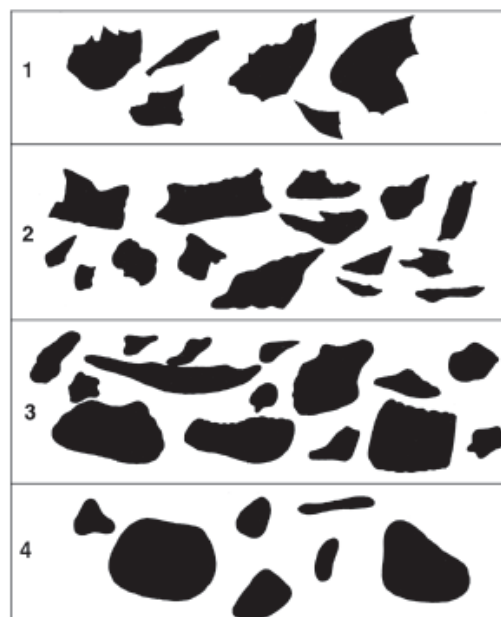


Figura 17 - Escala de rolamento para o material calcário

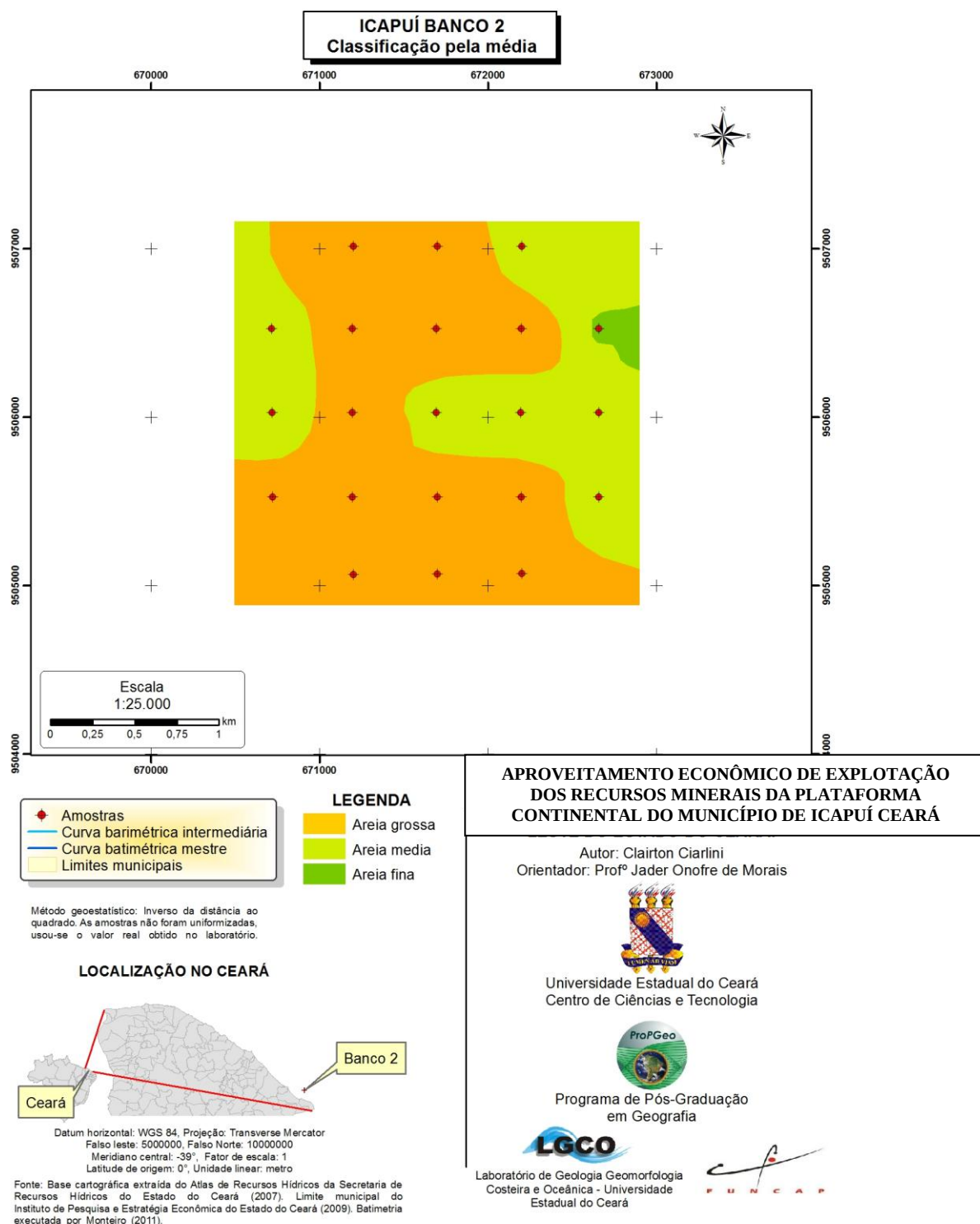
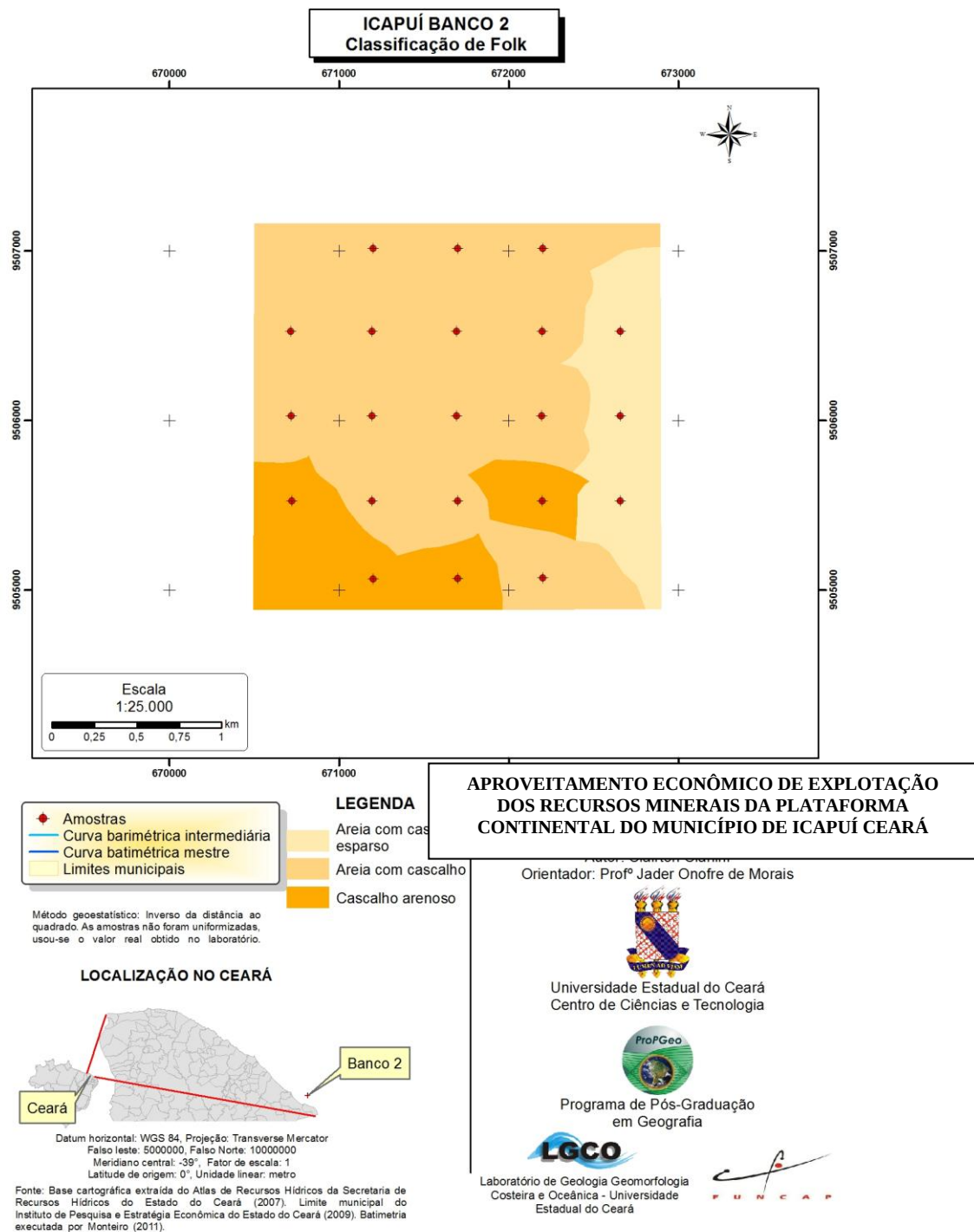


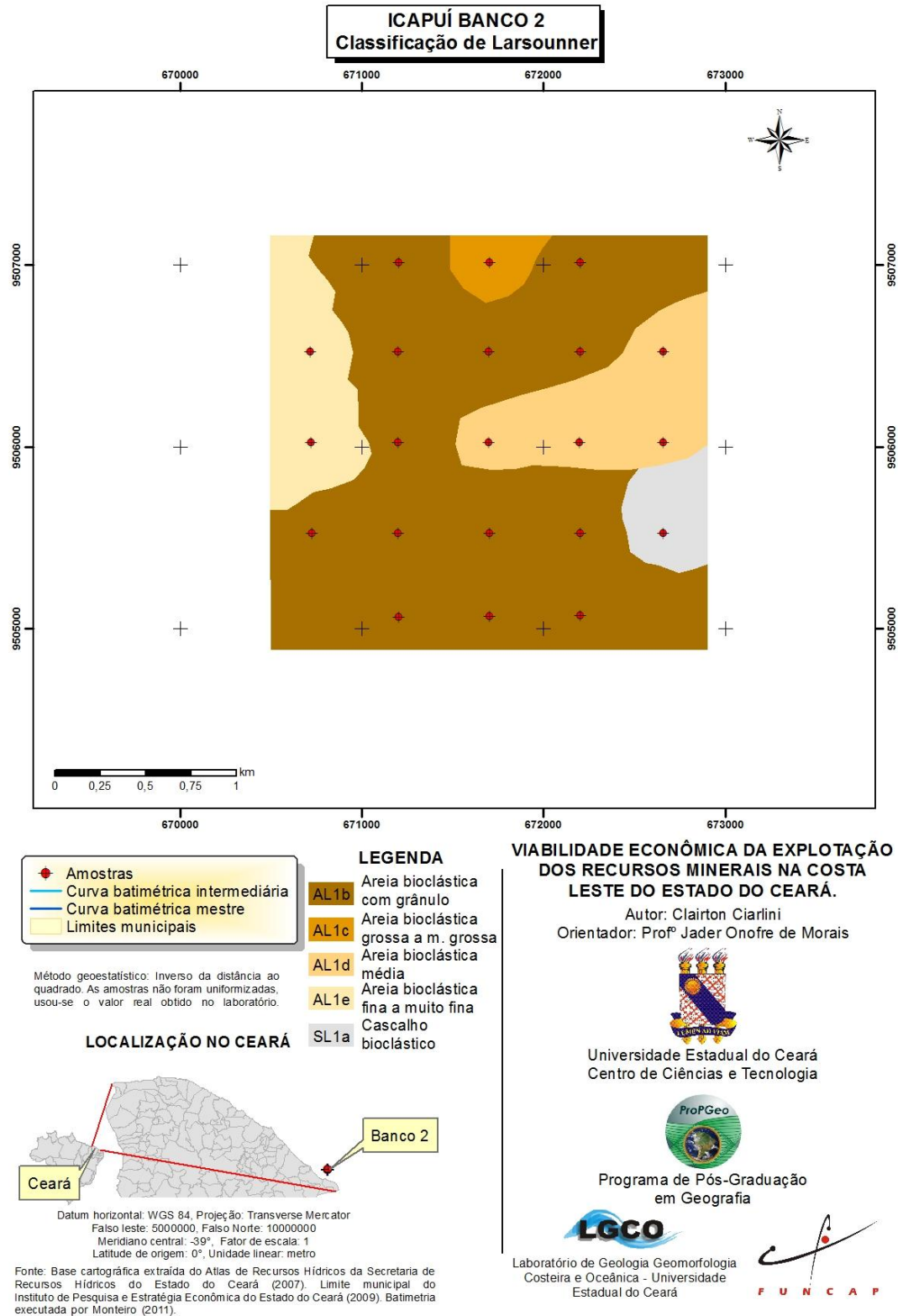
Figura 4.4.7 – Classificação da granulometria pela média do banco -02
Fonte: (PILKEY et al. 1967 apud FLUGEL, 2010)

Figura 18 – Classificação da granulometria Folk do banco -02



Fonte: (PILKEY et al. 1967 apud FLUGEL, 2010)

Figura 19 – Classificação da granulometria Larssonneur do banco -02



Fonte: (PILKEY et al. 1967 apud FLUGEL, 2010)

4.5 MATÉRIA ORGÂNICA

Existem diferenças fundamentais entre os depósitos carbonatados terrígenos e os marinhos. Enquanto os terrígenos são produto da alteração química e física das rochas preexistentes, que foram posteriormente transportados para a bacia sedimentar, os sedimentos carbonatados marinhos derivam de uma precipitação “in situ”, no interior da própria bacia.

A produção de sedimentos carbonatados ocorre tipicamente em regiões quentes, pouco profundas e em latitudes baixas; Contudo, a sua produção pode ocorrer também em climas mais frios. Com base nas posições latitudinais reconhecem-se dois grupos dominantes de organismos - nos tropicais são os corais e as algas verdes, enquanto nas latitudes altas são os moluscos e os foraminíferos, incluindo também os corais *ahermatípicos* de águas frias.

A matéria orgânica está presente em um pequeno percentual de volume no sedimento, porém é um importante componente uma vez que regula a sorção e biodisponibilidade de vários contaminantes. A metodologia utilizada para cálculo da Matéria Orgânica baseia-se na calcificação “*Loss of Ignition*” (adaptação de DAVIS, 1974). A calcificação emprega a gravimetria para determinar a percentagem de matéria orgânica.

O Procedimento Experimental é feito da seguinte sequência:

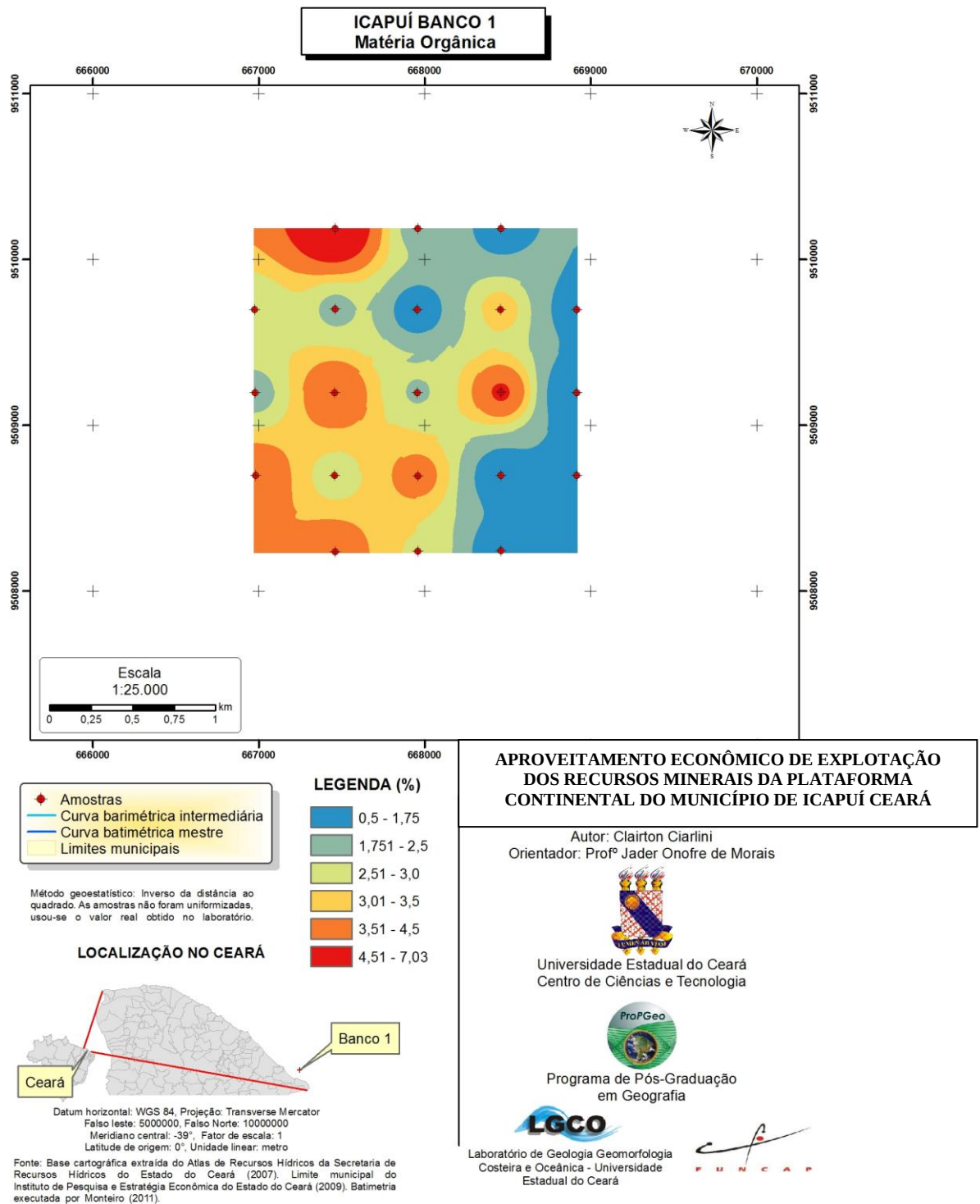
- a) Pesagem dos cadinhos e numeração.
- b) Pesagem de 2g da amostra seca.
- c) A amostra é colocada no cadinho numerado.
- d) Os cadinhos são levados à Mufla por duas horas numa temperatura de 400°C.
- e) Posteriormente a amostra é pesada.
- f) A diferença entre o peso inicial dos cadinhos com a amostra e final corresponde ao teor de matéria orgânica procurado. Como mostrado abaixo:

[MO] = (mc x 100) / ms Onde: mc = massa perdida após a calcinação ms = massa do sedimento

Os gráficos a seguir sintetiza a quantidade ou percentual de matéria orgânica, no banco- 01 com no banco -02. Nessas concentrações de bioclásticos

foram analisadas 42 amostras com estudos de classificação granulométrica, matéria orgânica, carbono orgânico e carbonato de cálcio.

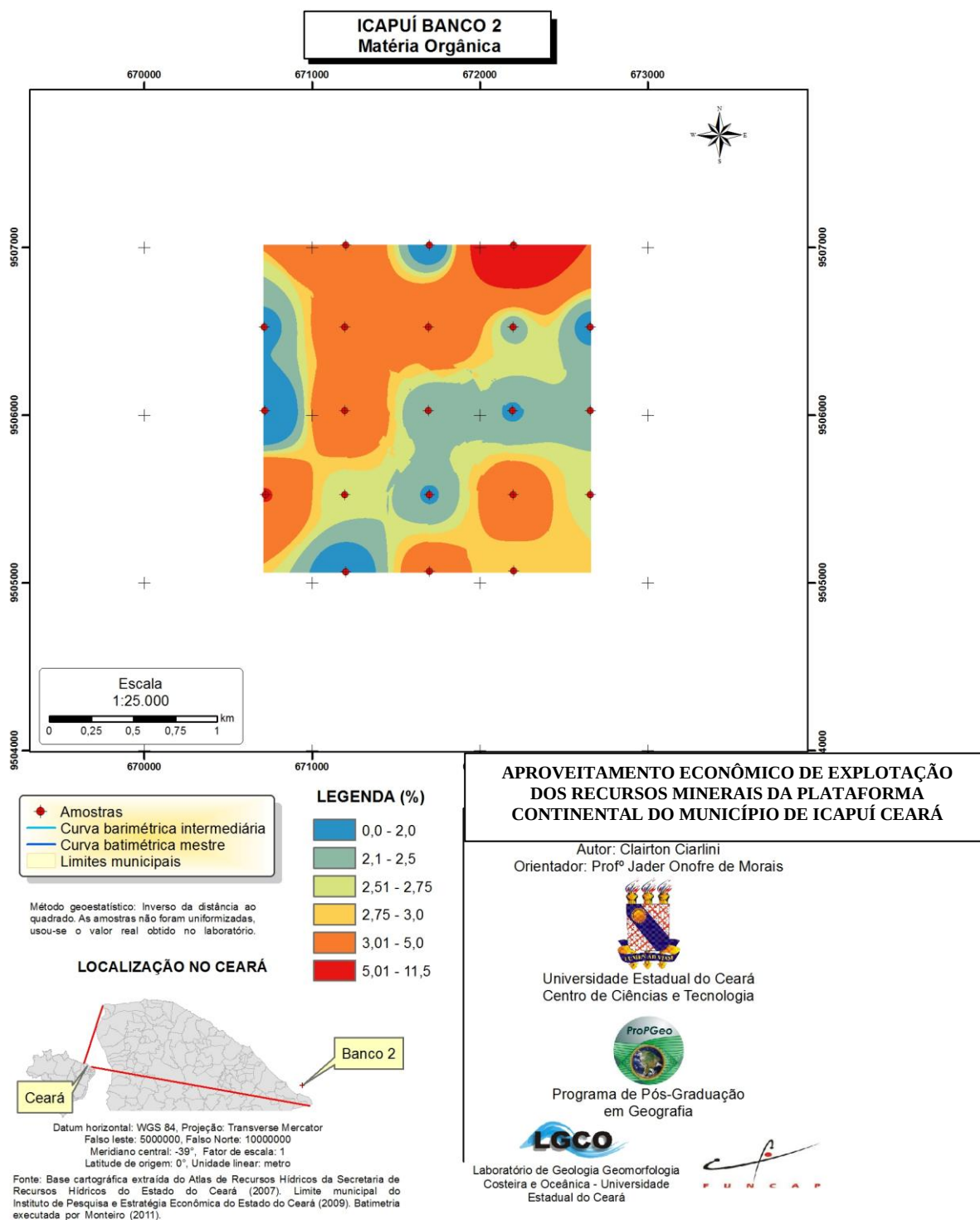
Figura 20 – Matéria Orgânica do banco -01



Fonte: (PILKEY et al. 1967 apud FLUGEL, 2010)

Observe que no banco - 02 existem um grande percentual variando de 3, 01 a 5,0 % de matéria orgânica.

Gráfico 3 – Matéria Orgânica do banco -02



Fonte: (PILKEY et al. 1967 apud FLUGEL, 2010)

4.5.1 Determinação do Carbono orgânico e da Matéria Orgânica

O carbono ocorre no solo na forma tanto orgânico como inorgânico. A grande maioria é encontrado na matéria orgânica e em minerais carbonatos. Em regiões de clima úmido, onde os perfis são submetidos a intensa lixiviação, o carbono aparece predominantemente na forma orgânica. A matéria orgânica é determinada por métodos indiretos, usando combustão por via úmida ou por via úmida ou por via seca, medindo-se a subsequente evolução do gás carbônico, ou pela extensão da redução de um agente oxidante forte.

O método aqui descrito é uma modificação deste último. Num estudo em solo do Rio Grande do Sul, FRATTIN & KALCKMANN (1967), encontraram um coeficiente de correlação de 0,936 entre os métodos de combustão seca e úmida. Objetivo: determinação do teor de matéria orgânica do solo. Princípio: oxidação da matéria orgânica do solo com solução de dicromato de potássio em presença de ácido sulfúrico, utilizando como catalisador da oxirredução o calor despreendido na diluição do ácido sulfúrico e titulação do excesso de dicromato com sulfato ferroso amoniacal.

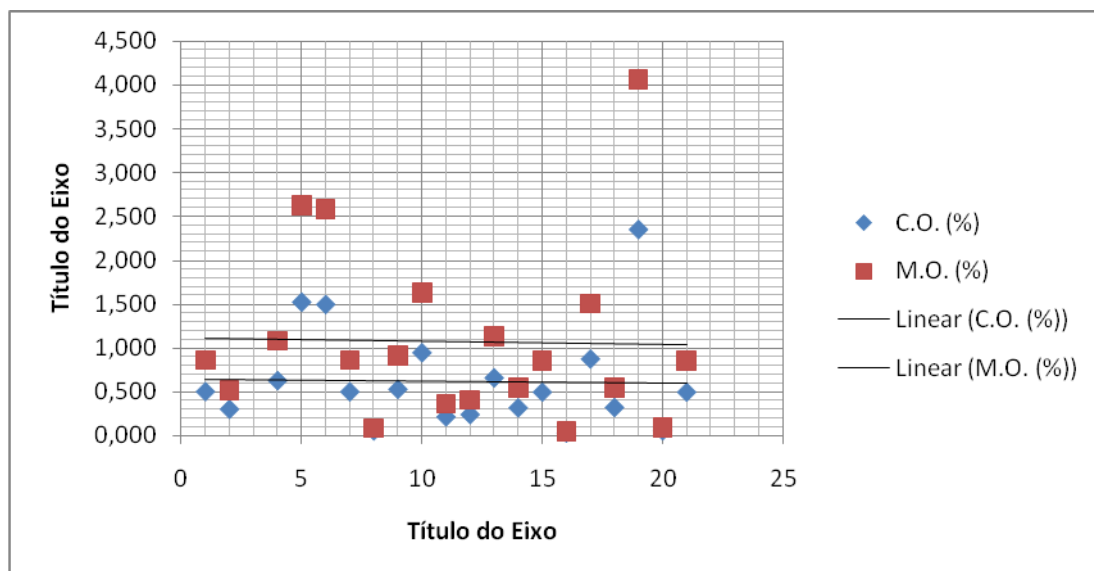
Reagentes e Soluções:

- a) Solução de dicromato de potássio 1N; dissolver 49,04 g do sal $K_2Cr_2O_7$ seco a 105 – 110 °C, em água destilada completando o volume de 1 litro;
- b) Ácido sulfúrico concentrado, no mínimo a 96%;
- c) Ácido ortofosfórico concentrado, no mínimo 85%;
- d) Solução de sulfato ferroso amoniacal 0,5 N: dissolver 196,07g do sal $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ em 800 ml de água destilada. Adicionada 20 ml de ácido sulfúrico concentrado e completar o volume a 1 litro em balão volumétrico. Filtrar com algodão. Titular 1 g do indicador em 100 ml de ácido sulfúrico concentrado.
- e) Difenilamina 1% dissolvida 1 g do indicador em 100 ml de ácido sulfúrico concentrado.

Procedimento: transferir 1 g de TFSA para erlenmeyer de 500ml. Adicionar, com uma bureta, 10 ml da solução de dicromato de potássio 1N e

imediatamente a seguir, 20 ml de ácido sulfúrico concentrado. Agitar por um instante. O gráfico 3 mostra todo o processo descrito acima

Figura 21 - Mostra o processo descrito acima



Fonte: (PILKEY et al. 1967 apud FLUGEL, 2010)

4.6 CARBONATO DE CÁLCIO

Os teores de CaCO_3 encontrados em sedimentos são resultados da sua fixação por organismos vivos, animais e vegetais, sendo a maioria dos calcários de origem orgânica o efeitos do produto indireto da atividade de microorganismos. Nas águas rasas a produção de carbonato está associada aos seguintes representantes: carapaças, fragmentos esqueléticos, ossículos de vários organismos como os de foraminíferos, briozoários, algas, entre outros. Os principais elementos químicos dos carbonatos são a argonita e a calcita, utilizados nas carapaças e estruturas calcíticas (foraminíferos) ou aragoníticas (pterópodos). Com sua deposição, os detritos mais grossos sofrem abrasão, desarticulação e fragmentação por diversos processos sendo redistribuídos como cascalhos e areis biodetríticos nas margens continentais (BAPTISTA NETO *et al.*, 2004).

Segundo Saliot (1994), a sedimentação de carbonatos é produzida por organismos marinhos e a precipitação deste sal é governada por fatores como: condições climáticas, temperatura, salinidade, intensidade fótica, comportamento do

nível de mar relativo, da turbidez das águas, da natureza do substrato, do fluxo de nutrientes e do regime hidrodinâmico.

Para se determinar a quantificação de Carbonato de Cálcio foi utilizando o método de BERNAD. O método de Bernad inicia-se com a pesagem de 0,5g de cada amostra e de 0,5g de CaCO_3 que deverá ser colocado no Kitassato (um erlenmeyer modificado), após isso adiciona-se 2ml de HCl no tubo de ensaio, isolando o Kitassato pode ocorrer a mistura, a quantidade de água que sobe no cilindro graduado é a quantidade de CO_2 liberado na reação, podendo então quantificar a quantidade de CaCO_3 presente na amostra.

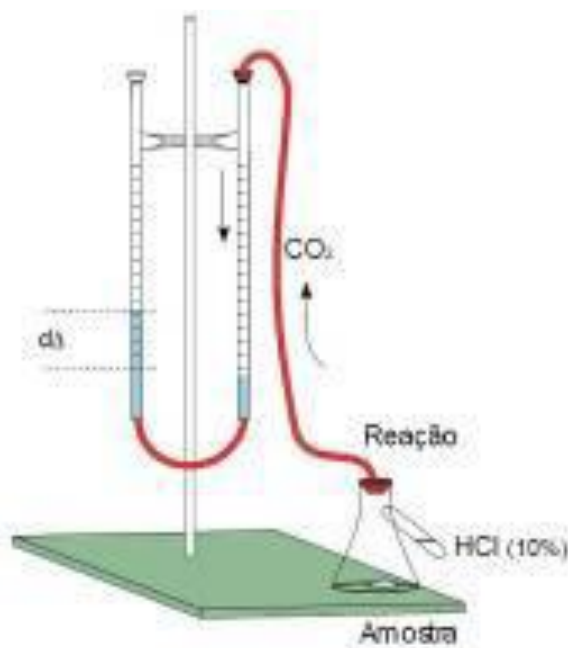
Pode em estudos geoquímicos haver uma correlação significativa do CaCO_3 e o pH. Pelo motivo do Cálcio ser uma base permutável que contribui para a redução da acidez e o aumento da alcalinidade.

Procedimento Experimental:

- a) Pesa-se a amostra do Branco, correspondente a 0,5g de CaCO_3 , que servirá para comparação de resultados.
- b) Pesa-se 0,5 g de cada amostra.
- c) 3 Utiliza-se um sistema com um Instrumento Calcimetro de Bernard e um Balão Kitasato.
- d) . Adiciona-se 2 ml de HCl a 10% no tubo de ensaio do Kitasato.
- e) Após o fechamento do Kitasato com a rolha é feita a mistura de HCl e a amostra para se medir o CaCO_3 .
- f) A quantidade de água que sobe no cilindro graduado deve ser anotado.
- g) Com a seguinte fórmula se determina a porcentagem de CaCO_3 na amostra:

% CaCO_3 = (99% x A1)/ B Sendo: B a quantidade em ml do Branco. % CaCO_3 a porcentagem do CaCO_3 na amostra. A1 a quantidade em ml da amostra analisada.

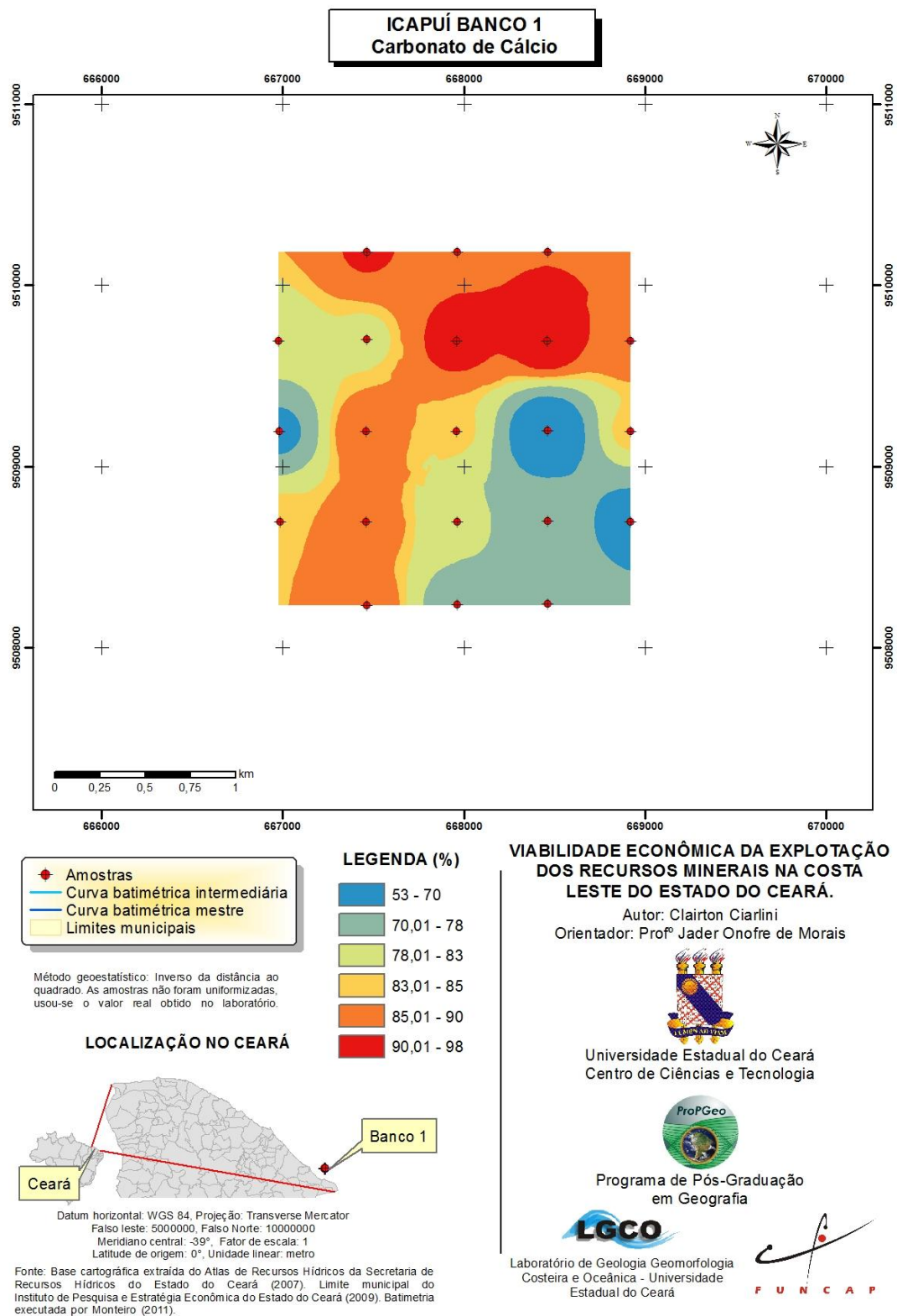
Figura 22 - Calcimetro de Bernard Simplificado



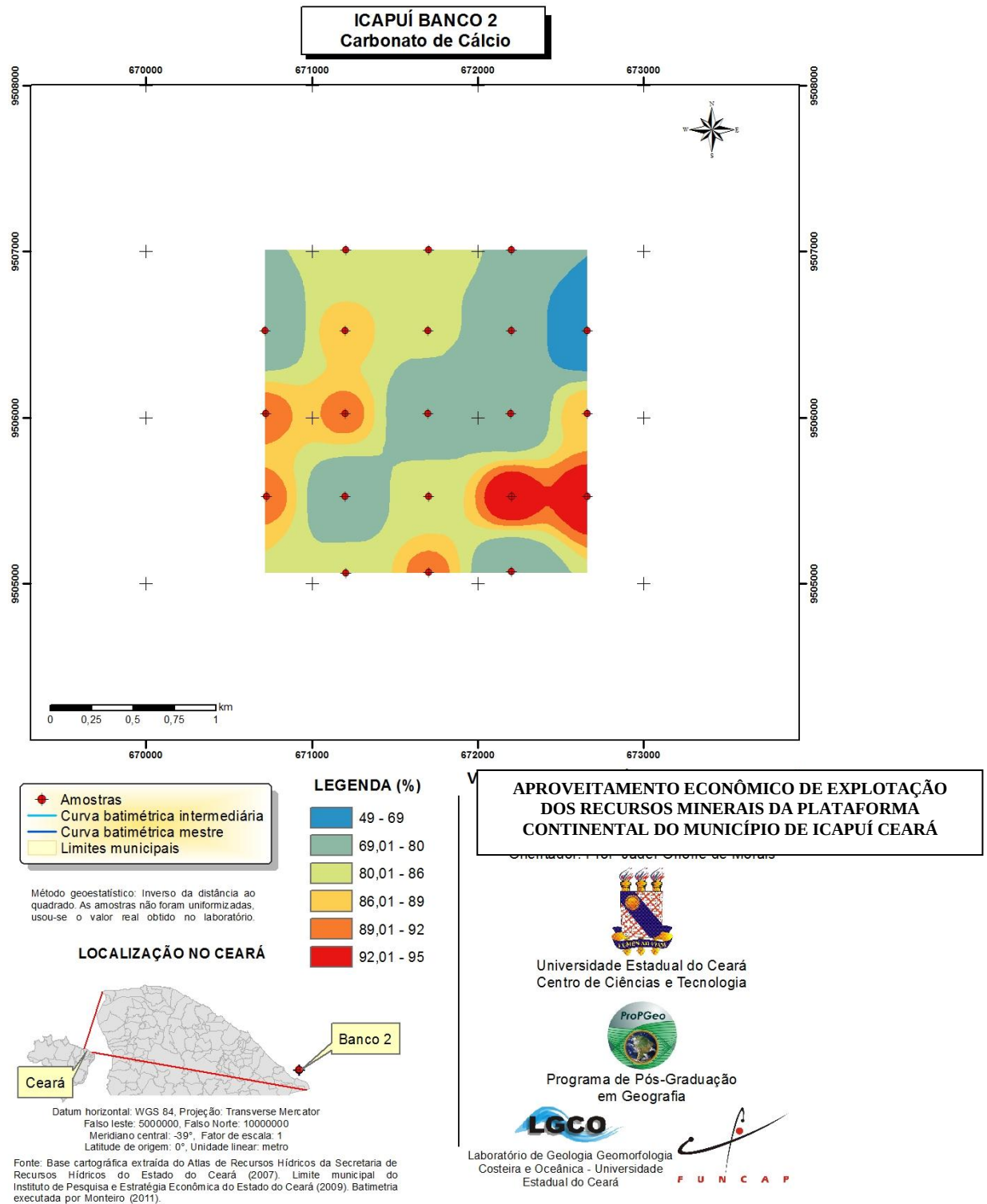
Fonte: (PILKEY et al. 1967 apud FLUGEL, 2010)

Os gráficos a seguir são de carbonato de cálcio CaCO_3 , nos banco de algas, tanto no banco -01 como no banco 02. Existindo grande percentual acima de 60%, com análise mais detalhada como fluorescência vamos verificar um maior percentual de carbonato de cálcio. No banco - 02 a maior concentração de carbonato encontra-se na parte sul do banco, com percentual acima de 70% de carbonato de cálcio.

Gráfico 4 – Carbonato de Cálcio (CaCO_3) do banco - 01



Fonte: (PILKEY et al. 1967 apud FLUGEL, 2010)

Gráfico 5– Carbonato de Cálcio (CaCO_3) do banco – 02

Fonte: (PILKEY et al. 1967 apud FLUGEL, 2010)

4.7 FLUORESCÊNCIA.

Antes do Cálculo de Reserva para um melhor embasamento da concentração de teores de CaCO_3 , foi realizada a técnica de análise de fluorescência nucleares de raios x por dispersão energia em 09 (nove) amostras sendo 4 amostra do perfil P, 04 amostras do perfil A e uma amostra do perfil J.

Segundo Nascimento, (1999), a análise multielementar instrumental por fluorescência de raio X (XRF) é baseada na medida de intensidade dos raios X característicos devidamente excitada. Até 1966 a XRF era realizada unicamente por espectrômetro por dispersão por comprimento de onda (*WD – XRF*, abreviação de *wevelength dispersive X –ray fluorescence*), baseados na lei de Bragg, os quais necessitam de um movimento sincronizado e preciso entre o cristal difrator e o detector.

Com desenvolvimento do detector semicondutor de Si (Li), capaz de discriminar raios X de energia próxima foi possível o surgimento da fluorescência de raio X por dispersão de energia (*ED – XRF*, *energy dispersive x-ray fluorescence*), também conhecida como fluorescência de raios X não dispersiva, com instrumentação menos dispendiosa e emprego mais prático.

Esta técnica vem sendo utilizada principalmente para amostra sólidas permitindo a determinação simultânea ou seqüencial da concentração de vários elementos, sem necessidade de destruição da amostra, ou seja, de modo instrumental, sem nenhum pré-tratamento químico. Para amostra líquidas pode-se recorrer a uma pré-concentração empregando-se troca iônica precipitação, quelação, etc.

Apresenta uma velocidade analítica para a análise semi-quantitativa de amostras de interesse agroindustrial, geológica e ambiental quando se utiliza tubos de raios X na excitação. Tem-se também utilizado fontes radioativas emissoras de raio X e/ou gama de baixa energia (^{55}Fe , ^{57}Co , ^{109}Cd , ^{236}Pu , ^{241}Am) substituindo os tubos de raios X na excitação, tornando a análise ainda mais simples, barata e de maior facilidade de operação, mas com a desvantagem de perda de sensibilidade analítica. Mesmo assim, a *ED – XRF* com excitação por fontes radioativas tem encontrado inúmeras aplicações principalmente na área industrial, geológica e de prospecção mineral, onde não há necessidade de uma alta sensibilidade analítica.

A análise por fluorescência de raios-X é um método quali-quantitativo baseado na(números de raios X detectados por unidade de tempo) dos raios X característicos emitidos pelos elementos que constituem a amostra. Os raios X emitidos por tubos de raios X ou raio X ou gama por uma fonte radioativa, excitam os elementos que constituem, os quais, por sua vez, emitem linhas de espectrais com energias características do elemento cuja intensidades estão relacionadas com a concentração do elemento na amostra.

Quando um elemento de uma amostra é excitado, este tende a ejetar os elétrons do interior dos níveis dos mais afastado realizam um salto quântico para preencher a vacância. Cada transição eletrônica constitui uma perda de energia para o elétron, e esta energia na forma de fóton de raio X de energia característica e bem definida para cada elemento. Assim, de modo resumido, a análise por fluorescência de raio X consiste em três fase: excitação dos elementos, que constituem a amostra, dispersão dos raios X característicos emitido pela amostra e detecção desse raio X.

As amostra dos perfis P, A e J foram escolhidas para fazer a fluorescência e levadas para o Laboratório de Raio X da Física da UFC e lá foram colocadas no Espectrômetro de Raio - X, como mostra a foto 25.

Foto 25 - Espectrômetro de fluorescência de Raios-X Marca: Rigaku Modelo: ZSX Mini II Operação: 40 kV x 1,2mA. Tubo de Pd Difratorômetro de raios-X Marca: Rigaku

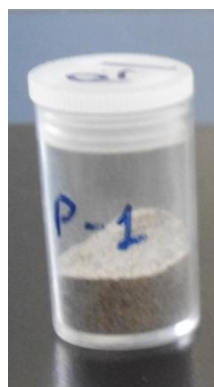


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.8 FLUORESCÊNCIAS DAS AMOSTRAS DOS PERFIS.

A fluorescência das quatro amostras do perfil P, sendo analisadas individualmente (P_1 , P_8 , P_{12} , P_{15}) e depois em conjunto com o gráfico de representação dos teores de óxidos das amostras.

Foto 7 - Amostra P – 1. (670861,75; 9490789,31)



P-1	
Al_2O_3	1,4591
SiO_2	11,5865
P_2O_5	0,3436
SO_3	0,6683
Cl	0,206
K_2O	0,5442
CaO	82,9787
MnO	0,0943
Fe_2O_3	1,5216
SrO	0,5978

AMOSTRA P-1, DO PERFIL P, ENCONTRA-SE LOCALIZADO NA PLATAFORMA INTERNA, PRÓXIMO À ISÓBATAS 5, APRESENTANDO EM SUA COMPOSIÇÃO QUÍMICA ALTO VALOR DA CÁLCIO E SÍLICA, COM VALOR BAIXO DE FERRO E POUCO VALOR DE ESTRÔNCIO. NA CLASSIFICAÇÃO DE LARSONNEUR, (DIAS 1996), AREIA LITOBIOCLÁSTICA FINA A MUITO FINA. FOLK AREIA COM CASCALHO ESPARSO.

Gráfico 6 – Mostra o percentual dos compostos de óxidos contido em cada amostra do perfil P-1, com destaque para o óxido de cálcio e óxido de sílica.

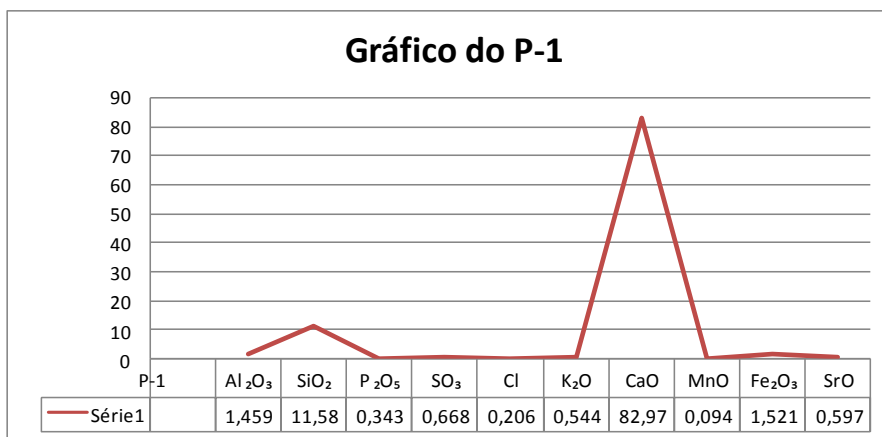
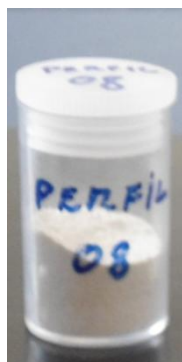


Foto 8 - Amostra. P – 8. (695504,94; 9523399,72)



P-8	
Al_2O_3	0,4108
SiO_2	3,7128
P_2O_5	0,2724
SO_3	0,6277
Cl	1,3805
K_2O	0,2594
CaO	91,8611
Fe_2O_3	0,2277
SrO	1,2476

AMOSTRA P-08, DO PERFIL P, ENCONTRA-SE LOCALIZADO NA PLATAFORMA INTERNA, ENTRE AS ISÓBATAS (-14; -18), APRESENTANDO EM SUA COMPOSIÇÃO QUÍMICA ALTO VALOR DA CÁLCIO E BAIXO VALOR DE SÍLICA E ESTRÔNCIO COM BAIXO VALOR DE FERRO. NA CLASSIFICAÇÃO DE LASSONNEURS, (DIAS 1996), AREIA BIOCLÁSTICAS .
CASCALHO.

Gráfico 7 – Mostra o percentual dos compostos de óxidos contido em cada amostra do perfil P-8 , com destaque para o óxido de cálcio e óxido de sílica.

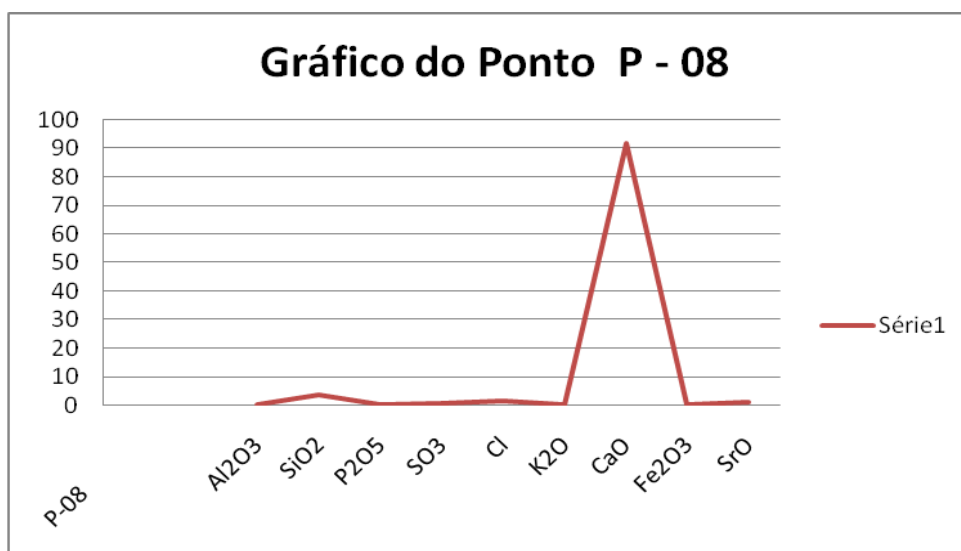
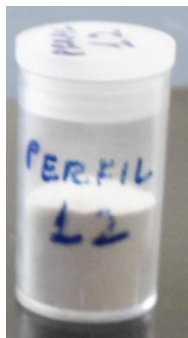


Foto 9 - Amostra. P – 12. (664627,90; 9492887,16)



P-12	
Al_2O_3	0,5999
SiO_2	4,4154
P_2O_5	0,3229
SO_3	0,5842
Cl	1,3468
K_2O	0,4034
CaO	90,555
Fe_2O_3	0,4655
SrO	1,3068

MAOSTRA P-12 DO PERFIL P, ENCONTRA-SE LOCALIZADO NA PLATAFORMA INTERNA, BERM PRÓXIMO À ISÓBATA 16, APRESENTANDO EM SUA COMPOSIÇÃO QUÍMICA ALTO VALOR DA CÁLCIO E BAIXO VALOR DE SÍLICA , ESTRÔNCIO E CLORO. NA CLASSIFICAÇÃO DE LASSONNEURS, (DIAS 1996), AREIA BIOCLÁSTICAS AREIA .
FOLK AREIA COMO CASCALHO.

Gráfico 8 – Mostra o percentual dos compostos de óxidos contido em cada amostra do perfil P-12 , com destaque para o óxido de cálcio e óxido de sílica.

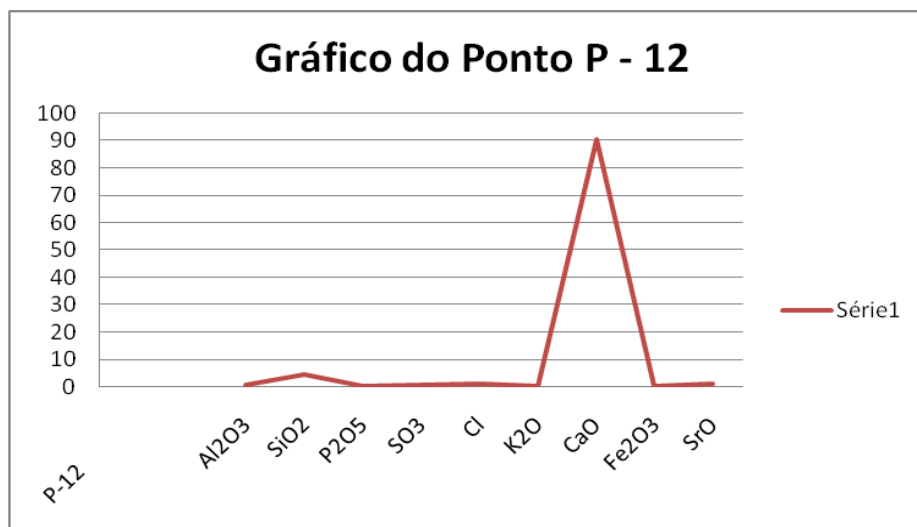
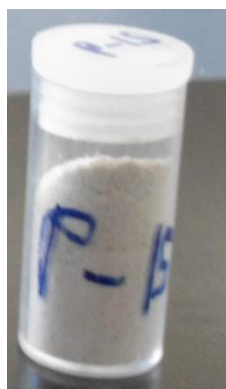


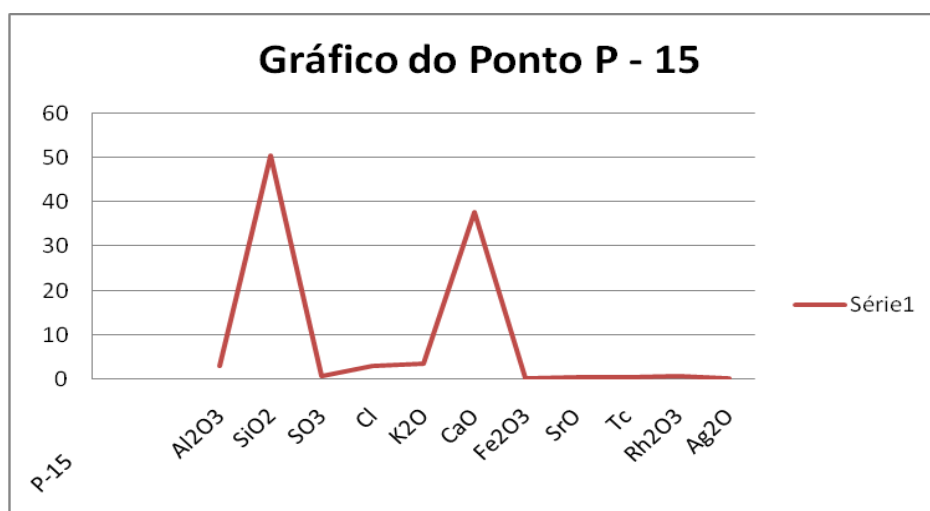
Foto 10 - Amostra. P15(666627,35; 9492887,16)



P-15	
Al ₂ O ₃	2,8698
SiO ₂	50,4468
SO ₃	0,7025
Cl	2,9449
K ₂ O	3,3887
CaO	37,6404
Fe ₂ O ₃	0,2984
SrO	0,3629
Tc	0,5218
Rh ₂ O ₃	0,6362
Ag ₂ O	0,1876

AMOSTRA P -15, DO PERFIL P, ENCONTRA-SE LOCALIZAADO NA PLATAFORMA INTERNA, ENTRE AS ISÓBATA 14 E 16 APRESENTANDO EM SUA COMPOSIÇÃO QUÍMICA ALTO VALOR DA CÁLCIO E SÍLICA ,CLORO E ALUMÍNIO E BAIXO VALOR ESTRÔNCIO E FERRO. NA CLASSIFICCAÇÃO DE LASONNEURS, (DIAS 1996), AREIA BIOCLÁSTICAS AREIA . FOLK AREIA COMO CASCALHO

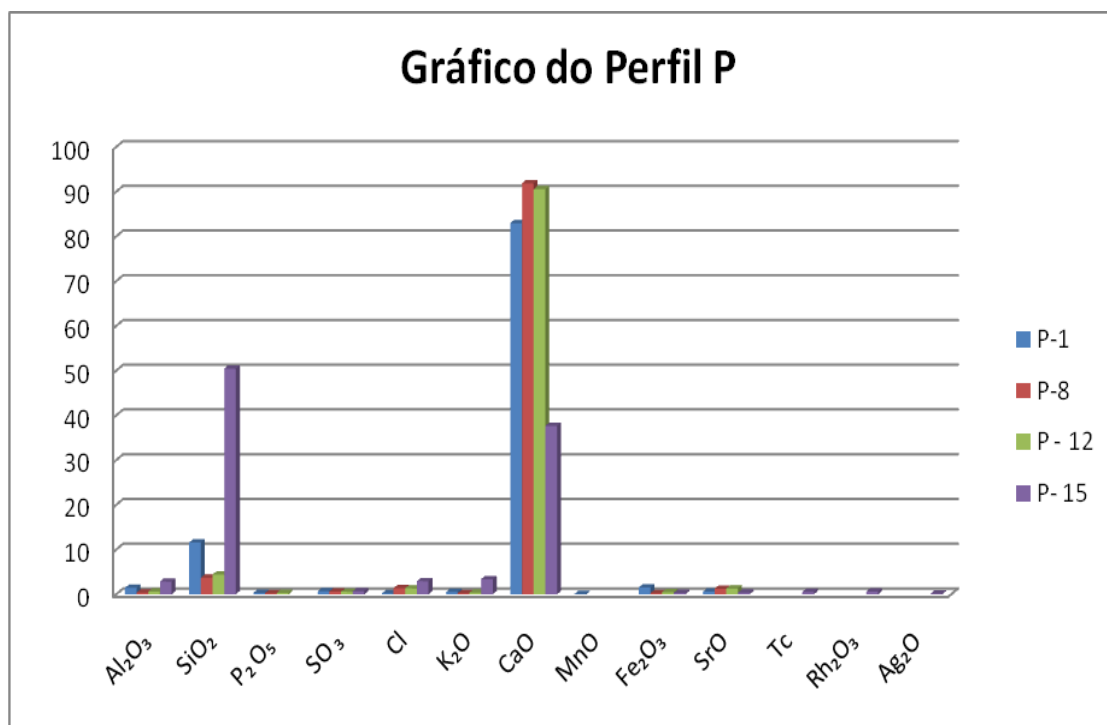
Gráfico 9 – Mostra o percentual dos compostos de óxidos contido em cada amostra do perfil P-15 , com destaque para o óxido de cálcio e óxido de sílica.



AS AMOSTRAS DO PERFIL P

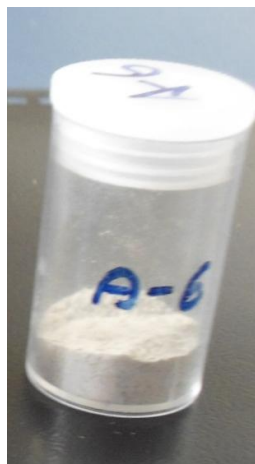
Comp. Quím,	P-1	P-8	P - 12	P- 15
Al_2O_3	1,4591	0,4108	0,5999	2,8698
SiO_2	11,5865	3,7128	4,4154	50,4468
P_2O_5	0,3436	0,2724	0,3229	
SO_3	0,6683	0,6277	0,5842	0,7025
Cl	0,206	1,3805	1,3468	2,9449
K_2O	0,5442	0,2594	0,4034	3,3887
CaO	82,9787	91,8611	90,555	37,6404
MnO	0,0943			
Fe_2O_3	1,5216	0,2277	0,4655	0,2934
SrO	0,5978	1,2476	1,3068	0,3629
Tc				0,518
Rh_2O_3				0,6362
Ag_2O				0,1876

Gráfico 10 – Mostra o percentual dos compostos de óxidos contido em cada amostra dos perfis P-1, P-8, P-12, P-15 com destaque para o óxido de cálcio e óxido de sílica.



PERFIL – A

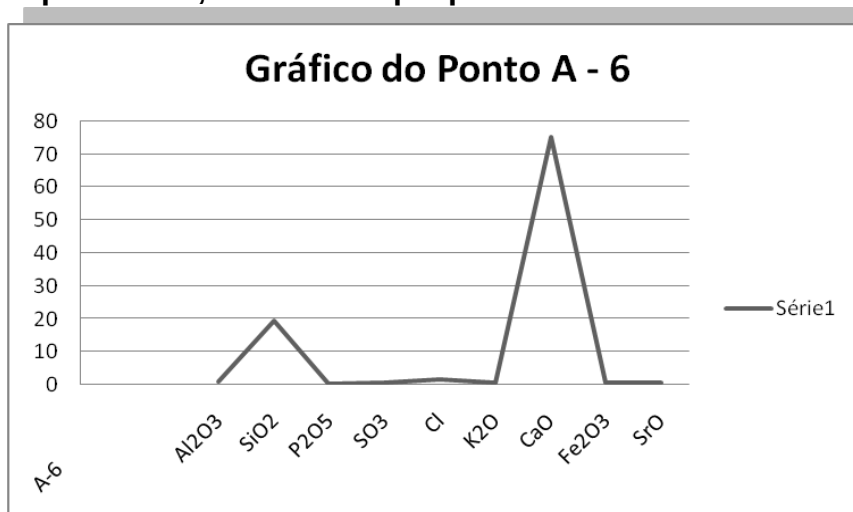
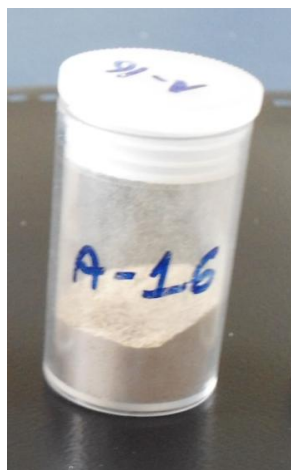
A fluorescência das quatro amostras do perfil A, sendo analisadas individualmente (A_6 , A_{16} , A_{28} , A_{15}) e depois em conjunto com o gráfico de representação dos teores de óxidos das amostras

Foto 11- Amostra A – 6. (668027,35; 9508049,65)**A-6**

Al₂O₃	0,984
SiO₂	19,4459
P₂O₅	0,2997
SO₃	0,7057
Cl	1,5034
K₂O	0,6006
CaO	75,0662
Fe₂O₃	0,6894
SrO	0,7051

AMOSTRA A – 6, DO PERFIL A, ENCONTRA-SE LOCALIZADO NA PLATAFORMA INTERNA, ENTRE AS ISÓBATA 12 E 14 APRESENTANDO EM SUA COMPOSIÇÃO QUÍMICA ALTO VALOR DA CÁLCIO, CLORO E ESTRÔNCIO E BAIXO VALOR ALUMÍNIO E FERRO. NA CLASSIFICAÇÃO DE LASONNEURS, (DIAS 1996), AREIA BIOCLÁSTICAS AREIA . FOLK AREIA COMO CASCALHO.

Gráfico 11 – Mostra o percentual dos compostos de óxidos contido em cada amostra do perfil A- 6 , com destaque para o óxido de cálcio e óxido de sílica.

**Foto 12 - Amostra A – 16. (667049,03; 9508502,98)****A-16**

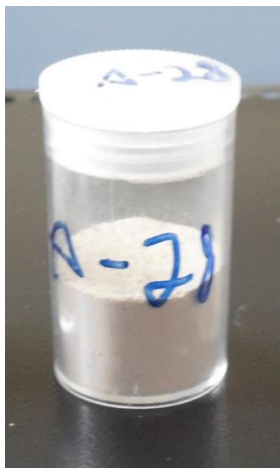
Al₂O₃	0,6836
SiO₂	3,3244
P₂ O₅	0,4468
SO₃	1,5407
Cl	4,3547
K₂O	0,9467
CaO	85,7485
Fe₂O₃	0,8502
Br	0,0856
SrO	2,0187

AMOSTRA A -16 , DO PERFIL A, ENCONTRA-SE LOCALIZADO NA PLATAFORMA INTERNA, ENTRE AS ISÓBATA 12 E 14, APRESENTANDO EM SUA COMPOSIÇÃO QUÍMICA ALTO VALOR DA CÁLCIO, BAIXO VALOR CLORO E ESTRÔNCIO , ALUMÍNIO E FERRO . NA CLASSIFICAÇÃO DE LASONNEURS, (DIAS 1996), AREIA BIOCLÁSTICAS AREIA . FOLK AREIA COMO CASCALHO.

Gráfico 12 – Mostra o percentual dos compostos de óxidos contido em cada amostra do perfil A-16, com destaque para o óxido de cálcio e óxido de sílica.



Foto 13 - Amostra



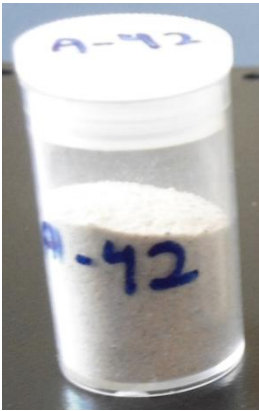
A-28	
Al ₂ O ₃	0,5109
SiO ₂	3,2977
P ₂ O ₅	0,263
SO ₃	0,6059
Cl	1,941
K ₂ O	0,2267
CaO	91,2833
Fe ₂ O ₃	0,3145
ZnO	0,0402
SrO	1,5171

AMOSTRA A-28, DO PERFIL A, ENCONTRA-SE LOCALIZADO NA PLATAFORMA INTERNA, ENTRE AS ISÓBATA 12 E 14 APRESENTANDO EM SUA COMPOSIÇÃO QUÍMICA ALTO VALOR DE ÓXIDO DE CÁLCIO E BAIXO VALOR DE SÍLICA, ALUMÍNIO E FERRO. NA CLASSIFICAÇÃO DE LASSONNEURS, (DIAS 1996), AREIA BIOCLÁSTICAS AREIA . FOLK AREIA COMO CASCALHO.

Gráfico 13 – Mostra o percentual dos compostos de óxidos contido em cada amostra do perfil A-28 , com destaque para o óxido de cálcio e óxido de sílica.

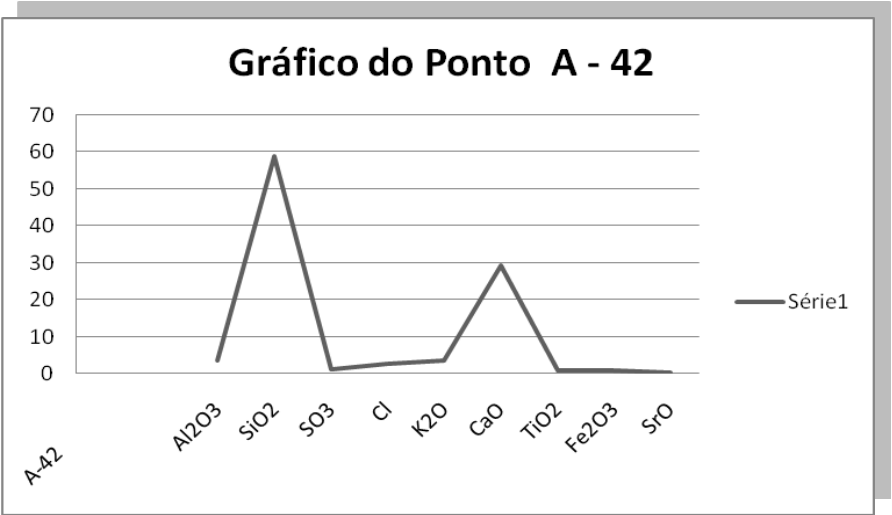


Foto 14 - Amostra A – 42 (672727,64; 9506329,55)



A-42	
Al ₂ O ₃	3,58
SiO ₂	58,8353
SO ₃	1,0449
Cl	2,4011
K ₂ O	3,3924
CaO	29,1581
TiO ₂	0,8061
Fe ₂ O ₃	0,6281
SrO	0,1539

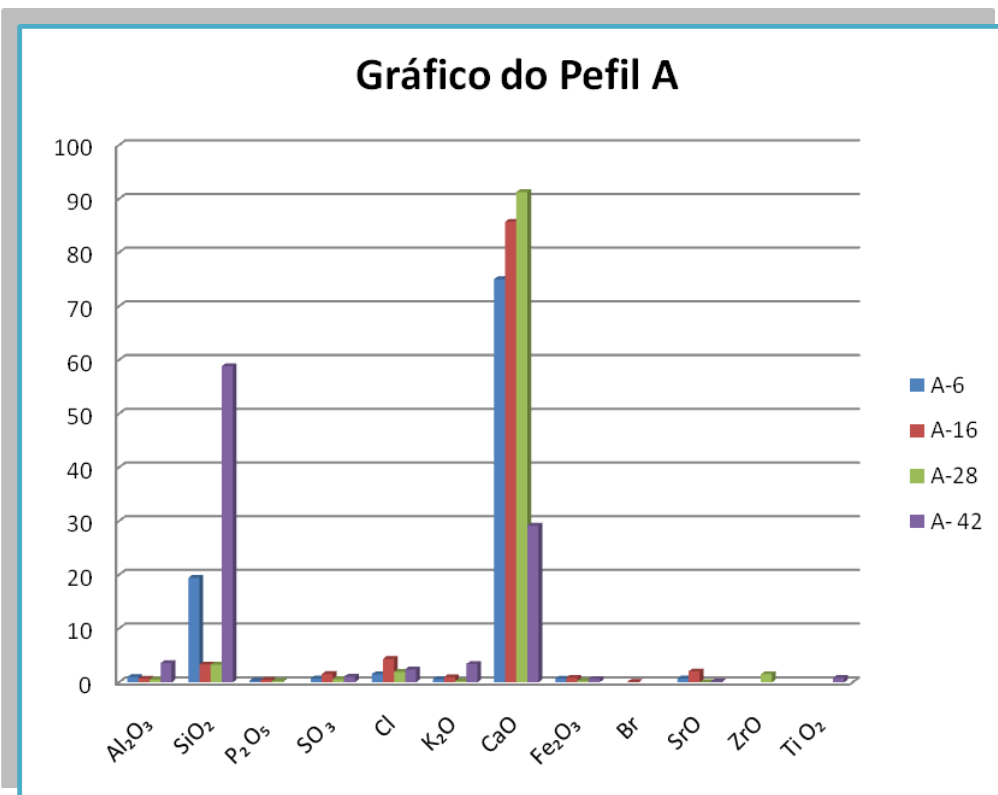
AMOSTRA A-42, DO PERFIL A, ENCONTRA-SE LOCALIZADO NA PLATAFORMA INTERNA, ENTRE AS ISÓBATA 12 E 14, APRESENTANDO EM SUA COMPOSIÇÃO QUÍMICA ALTO VALOR DE SILICIO , MÉDIO VALOR DE CÁLCIO E BAIXO VALOR ALUMÍNIO, POTÁSSIO CLASSIFICAÇÃO DE LASSONNEURS, (DIAS 1996), AREIA LITOBIOCLÁSTICAS FINA E MUITO FINA FOLK AREIA COMO CASCALHO.



AS AMOSTRAS DO PERFIL - A

Comp. Quí	A-6	A-16	A-28	A- 42
Al_2O_3	0,984	0,6836	0,5109	3,58
SiO_2	19,4459	3,3244	3,2977	58,8353
P_2O_5	0,2997	0,4468	0,263	
SO_3	0,7057	1,5407	0,6059	1,0449
Cl	1,5034	4,3547	1,941	2,4011
K_2O	0,6006	0,9467	0,2267	3,3924
CaO	75,0662	85,7485	91,2833	29,1581
Fe_2O_3	0,6894	0,8502	0,3145	0,6281
Br		0,0856		
SrO	0,7051	2,0187	0,0402	0,1539
ZrO			1,5171	
TiO_2				0,8061

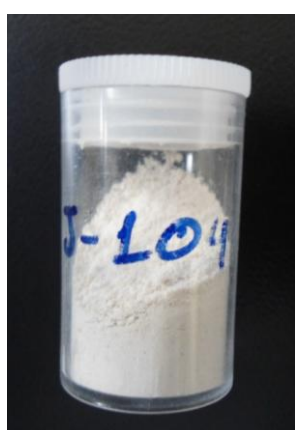
Gráfico 14 – Mostra o percentual dos compostos de óxidos contido em cada amostra dos perfis A-6, A-16, A-28, A-42 com destaque para o óxido de cálcio e óxido de sílica.



PERFIL – J

A fluorescência das quatro amostras do perfil J - 104, sendo análise individual.

Foto 14 - Amostra J – 104 (686494,05; 9524233,87)



J-104	
Al ₂ O ₃	0,4134
SiO ₂	1,9526
P ₂ O ₅	0,2411
SO ₃	0,5168
Cl	0,2585
K ₂ O	0,2151
CaO	95,2226
Fe ₂ O ₃	0,1779
Rb ₂ O	0,04
SrO	0,8359
Ag ₂ O	0,126

AMOSTRA J-104 DO PERFIL J, ENCONTRA-SE LOCALIZADO NA PLATAFORMA INTERNA, ENTRE AS ISÓBATA 22 E 26, APRESENTANDO EM SUA COMPOSIÇÃO QUÍMICA ALTO VALOR DE ÓXIDO CÁLCIO E BAIXO VALOR SILÍCIO, E ESTRÔNCIO. NA CLASSIFICAÇÃO DE LASSONNEURS, (DIAS 1996), AREIA BIOCLÁSTICAS COM GRÂNULOS. **FOLK AREIA COMO CASCALHO.**

Gráfico 15 – Mostra o percentual dos compostos de óxidos contido em cada amostra dos perfil J-104 com destaque para o óxido de cálcio e óxido de sílica.



4.9 DESCRIÇÕES DAS AMOSTRAS CUBADAS

Á área escolhida para calculo de reserva medida também foi uma área em que foi feita sondagem manual e descrição dos testemunho . As descrições da sondagem foram descrita a seguir:

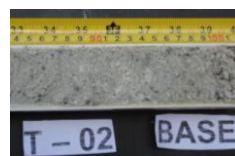
Descrição do testemunho - 01



0,00	53,00	INTERCALAÇÃO/MISTURA ENTRE SEDIMENTOS DE HALIMEDA (ARENO-CASCALHOSOS) QUE SÃO PREDOMINANTES E SEDIMENTOS SILICICLÁSTICOS DE TEXTURA VARIANDO DE GROSSA A FINA.
53,0	60,0	PREDOMÍNIO/ABUNDÂNCIA DE SEDIMENTOS CARBONÁTICOS, PRINCIPALMENTE DE ALGAS HALIMEDAS COM PRESENÇA DE LITHOTHAMINIUM E CONCHAS.
60,0	62,0	MISTURA DE SEDIMENTOS PROVINDOS DAS HALIMEDAS COM INTERCALAÇÃO DE CONCHAS
62,0	74,0	PREDOMINANTEMENTE SILICICLÁSTICO VARIANDO TEXTURALMENTE DE AREIA GROSSA A FINA, SÓ QUE O PREDOMÍNIO É AREIA MÉDIA A FINA.
74,0	78,0	PREDOMINATE SEDIMENTOS DE HALIMEDA COM PRESENÇA DE CONCHAS COM INTERCALAÇÕES DE SILICICLÁSTICOS
78,0	88,0	PREDOMINA SILICICLÁSTICO (AREIAS MÉDIAS PRINCIPALMENTE COM AREIA FINA E GROSSA) E INTERCALAÇÃO DE BIODETRITOS (CARAPAÇAS DE ORGANISMOS MARINHOS)
88,00	90,0	INTERCALAÇÃO SILICICLÁSTICO E BIOCLÁSTICO DE RESTOS DE CARAPAÇAS.

Detalhe da Amostra- 01

Foto 15 – Detalhes da foto da amostra do Testemunho – 01.



O testemunho está localizado aproximadamente a 20 km da costa em linha reta e uma distância aproximadamente 70 Km da concentração dos bancos de algas, sua correlação é relacionada com o perfil P ou maior, já que no mesmo não foi possível fazer coleta de testemunho, como também pode-se fazer uma correlação de isóbata das áreas, como mostra o mapa das isóbatas de 10 a 20 são correspondente. Mapa 4.4.1.

Os detalhes dos testemunho demonstra uma concentração densamente empacotada com siliciclásticos e bioclásticos, sendo que no caso, dos bioclástico com granulometria grosseira dão suporte mecânico para camadas de partículas pequenas ou cimento ocupado apenas os interstícios. O contato físico em ter os bioclásticos é comum, porém, alguns bioclásticos podem “flutuar” na matriz. O que se pode ainda observar é que o alto grau de empacotamento pode refletir uma acentuação hidráulica ou biogênica da matriz ou o aumento brusco na disponibilidade de bioclástico de correntes de eventos de mortandade em massa.

A seleção (classe e tamanho) é outra **feição sedimentológica** muito importante a ser observada no testemunho. O fluxo oscilatório (ondas) pode ser agrupadas nas categorias distintas e observa que os bioclastos maiores que 2 mm estão classificados como bem selecionados. O bimodal concentra bioclastos bem selecionado em relação a moda primária, apresentando porém, uma segunda moda distinta. Os bioclástico do testemunho observado apresenta pouco selecionado, ou seja, uma concentração em que 80% dos bioclástico estão distribuídos em três classes de tamanho.

Geralmente, a acentuada seleção dos bioclásticos decorre do transporte hidráulico ou da atividade biogênica, mas ela pode refletir tanto condições ecológicas que leva à morte dos organismos com mesmo estágio de desenvolvimento ontogenético. Por outro lado, o alto grau de seleção de uma concentração fossilífera pode ser decorrente da eliminação diagenética de bioclástico quimicamente instáveis, dando origem a uma concentração relativamente homogênea em relação ao tamanho, forma e mineralogia dos bioclástico.

Com relação **as feições estratigráficas** que no testemunho pode ser observada é em termos descritivos sua geometria e sua estrutura interna conforme Holz e Simões (2002). A geometria de uma concentração

bioclástica é estabelecida a partir de parâmetros dimensionais (bidimensionais, tridimensionais) a qual depende da natureza da superfície deposicional, da atividade do organismo produtores de partes duras (invertebrados de hábito gregário, como as ostras e os mexilhões) e os processos físicos, que concentram os restos esqueléticos, produzindo topografia singenética (migração de marcas onduladas). Dois tipos de estruturas internas são reconhecidas, simples e complexas. Estes termos são, entretanto, estritamente descritivos e não indicam, obrigatoriamente, que uma concentração tem origem simples ou complexa.

Ainda com relação **as feições paleoecológicas** é um aspecto importante que deve ser analisado cuidadosamente, porque pode significar um acréscimo de importantes informações tafonômicas.

As feições paleoecológicas podem ser monotípicas ou politípicas se composta por um único tipo de esqueleto. Uma concentração monotípica pode, entretanto, ser poliespecífica, se formada por exemplo, somente por conchas de braquiópodes de diferentes espécies. Por outro lado, toda concentração monoespecífica é obrigatoriamente monotípica.

Descrição do Testemunho - 02

De (cm) A (cm)



FOTO 4.9.2

0,00	14,00	MISTURA DE SILICICLÁSTICO-BIOCLÁSTICO COM PREDOMÍNIO APARENTE DE SILICICLÁSTICO (AREIA MÉDIA A FINA)
14,0	17,0	PREDOMÍNIO DE RESTOS DE HALIMEDAS
17,0	33,0	PREDOMÍNIO DE BIOCLÁSTICOS COM INTERCALAÇÕES DE SILICICLÁSTICOS DE TEXTURA MÉDIA.
33,0	38,0	RESTOS DE HALIMEDAS COM PRESENÇA DE CARAPAÇAS DE MICRO-ORGANISMOS.
38,0	40,0	MISTURA SILICICLÁSTICO-BIOCLÁSTICO, PORÉM COM PREDOMÍNIO DE RESTOS DE HALIMEDAS.
40,0	45,0	PREDOMÍNIO DE SEDIMENTOS BIOCLÁSTICOS PROVINDOS DAS HALIMEDAS.
45,00	60,0	MISTURA SILICICLÁSTICO COM INTERCALAÇÕES DE HALIMEDAS COM PRESENÇA DE CONCHA INTEIRA (CERCA DE 2 CM).
60,0	67,0	PREDOMÍNIO DE SILICICLÁSTICOS SOBRE SEDIMENTOS CARBONÁTICOS
67,0	74,0	MISTURA SILICI-BIOCLÁSTICO COM PRESENÇA DE CONCHAS.
74,0	100,0	BEM MISTURADO SILICI-BIOCLÁSTICO COM PRESENÇA DE HALIMEDAS E CONCHAS

Foto 15 – Detalhes da foto da amostra do Testemunho – 02.

Detalhe da Amostra – 02



Concha articulada fechada medindo aproximadamente 2 cm, representa rápido soterramento do animal ainda vivo e reorientação de sua direção.

A formação de conchas constitui-se em didático exemplo do significado e magnitude da mistura temporal e espacial que envolve os bioclásticos. Análise do Carbono 14 para determinar a idade em conchas de moluscos marinho de concheiro atuais (zona de *near* = > 10 m , e praia/laguna) realizada em alguns autores (Fursich e Flessa, 1991, Flessa, 1993 e Kowalewski, 1994), revelam dados interessante, pois 30% das conchas datadas têm idade entre zero e quinhentos anos, já 25% tem idade até 12.000 anos e, finalmente, 5% tem idade 39.000 anos. Desta forma, pode-se dizer que o grau máximo de mistura temporal de concheiros atuais é da ordem de 40.000 anos. Esse valor, por sua vez, representa o próprio limite de determinação do método de datação utilizado, o que significa que podem existir indivíduos até mais velho do que a idade máxima determinada. Analisando os dados como um todo, o que chama atenção é a grande mistura de idades, o que significa que esses concheiros, se preservados para um futuro “paleontológico”. , irão encerrar indivíduos de intervalos de tempo distintos e poderá apresentar organismos ecológicos e eventualmente diferentes, no mesmo nível fóssilífero, que apesar de preservados lado a lado nunca interagiram em vida.

Estudos realizado nas duas últimas décadas, indicam que a *idade média* das conchas presentes em sedimentos depositados em água marinhas rasa (< 10 metros) é da ordem de 2.425 anos e de 8.870 anos para sedimentos depositados em profundidade maiores que 10 metros (Flessa e Kowalewski, 1994). Já a duração média da mistura temporal nos ambientes marinhos rasos (< 10 metros) é de 1.250 anos e de 9.190 anos nos ambientes plataformais (>10 metros) . A diferença média entre as idades máximas e mínimas em acumulações de água rasas é da ordem de 830 anos. Esses dados demonstram que a longa duração das conchas de bivalves em ambientes de plataforma e conseqüentemente, o seu maior grau de mistura temporal, decorrem de uma combinação de muitos fatores, incluindo as baixas taxas de sedimentação, as baixas taxas de destruição tafonômica dos restos esqueléticos e as taxas de bioturbação. (Flessa e Kowalewski, 1994).

Ainda em termos de paleoecológico, Kondo (1995) demonstrou que o retrabalhamento e a alta taxa de sedimentação estão entre os fatores que controla a evolução dos invertebrados marinhos, suspensivos, escavadores. Conforme indicados pelo tipo de preservação e anatomia funcional dois tipos de estratégias adaptativas são reconhecidas: a) *estratégia expostas*, exibida pela formas

escavadas rasas ativas e b) *estratégia protegida*, mostrada pela forma escavadoras profundas, suspensivas. Conseqüentemente, as conchas bivalves escavadoras rasas são comumente encontradas desarticuladas devido a facilidade de exumação, retrabalhamento e transporte. Contrariamente as conchas das formas escavadoras profundas são raramente exumadas e expostas na interface água/sedimento, mesmo após a morte do organismo. Desde que a adaptação a estes processos físicos determina o modo de vida e a morfologia da concha dos bivalves, a repetição desta estratégias adaptativas em linhagens não aparentadas conduz á homeomorfia (Kondo, 1995; Simões e colaboradores 1997).



Descrição do Testemunho - 03

De (cm)	A (cm)	
0,00	8,00	PREDOMINANTEMENTE BIOCLÁSTICO/HALIMEDA COM TALO INTEIRO DE HALIMEDA BEM NO TOPO
8,00	20,0	BIOCLÁSTICO COM PRESENÇA DE SILICICLÁSTICO MISTURADO.
20,0	69,0	PREDOMÍNIO DE BIOCLÁSTICOS COM SEDIMENTOS CARBONÁTICOS BEM PRESERVADOS/INTEIROS-DE MAIOR GRANULOMETRIA.
70,0	100,0	PREDOMINANTE SILICICLÁSTICO MÉDIO A FINO COM RARAS INTERCALAÇÕES DE BIOCLÁSTICOS.

Observa-se que nesse testemunho o termo siliciclásticos deve-se a presença predominante do mineral quartzo, evidenciando assim o principal mineral provindo do continente que consegue chegar nesse ambiente, isso também pode estar relacionado à própria geologia da plataforma continental como predominantemente de rochas pré-cambriana cristalinas, ou seja, rochas com elevados percentuais de grãos quartzo. Outra observação importante é que por ser o quartzo mineral com dureza alta ele é bastante resistente aos agentes intempéricos e consegue chegar a esse setor da plataforma variando desde principalmente de areia média e fina e mais raramente com grãos grossos.

Já o predomínio de sedimentos provindos da desagregação de algas verdes na plataforma a leste de fortaleza deve-se ao fraco aporte de sedimentos dos

rios e ao clima local que proporciona a sua proliferação. Lembrando que nesses testemunhos há uma alternância, de halimedas com siliciclásticos, isto se deve possivelmente ao aterramento das algas por sedimentos transportados por correntes e por conseguinte a nova proliferação de algas ou retroalimentação das algas com mistura temporal.

De um modo geral três são as categorias de imperfeição notadas no registro geológico, no que tange à resolução temporal, isto é: **a) registro incompleto**, em que nem todos os eventos são registrados; **b) registro estratigraficamente desordenado**, em que o registro dos eventos não estão cronologicamente ordenados; **c) mistura temporal**, em que dois ou mais eventos diacrônicos parecem ser sincrônicos, no registro preservados (McKiddney, 1991; Cutler e Flessa, 1990; Fursich e Aberhan, 1990; Kidwell e Bosence, 1991; Kowalewski, 1996). Todos os aspectos citados têm profundas implicações nos trabalhos paleoecológicos e bioestratigráficos.

Já o predomínio de sedimentos provindos da desagregação de algas verdes na plataforma a leste de Fortaleza deve-se ao fraco aporte de sedimentos dos rios e ao clima local que proporciona a sua proliferação. Lembrando que nesses testemunhos há uma alternância, de halimedas com siliciclásticos, isto se deve possivelmente ao aterramento das algas por sedimentos transportados por correntes e por conseguinte a nova proliferação de algas ou retroalimentação das algas com mistura temporal.

4.10 CÁLCULO DE RESERVAS

Segundo Yamamoto (2001), o cálculo de reservas tem como objetivo fundamental a melhor estimativa de teor e tonelagem dos blocos de um corpo de minério, bem como a determinação do erro provável dessas estimativas em certo nível de confiança. A relevância dessas estimativas depende da qualidade, quantidade de distribuição espacial das amostras e o grau de continuidade da mineralização (regularidade do corpo de minério).

Os resultados do cálculo de reservas servem de base para todos os estudos de viabilidade técnica e econômicas posteriores. Tais estudos visam à determinação dos seguintes parâmetros: produção anual, vida útil provável da mina,

método de lavra, método de beneficiamento e investimento de equipamentos (equipamentos, mão de obra, de instalações, energia, materiais etc.)

O cálculo de reservas é de vital importância para o sucesso de empreendimento mineiro. Portanto, a estimativa dos teores e tonelagens deve ser de confiável, dentro da disponibilidade de amostras, da qualidade das análises e da definição do controle geológico da mineralização.

Obviamente deve-se, sempre que possível, procurar fornecer estimativas de reservas as mais refinadas possível, principalmente em casos de depósitos com teores marginais, pois um pequeno erro na estimativa do teor pode inviabilizar totalmente o empreendimento.

4.10.1 Princípio do Cálculo de Reservas

O trabalho técnico de cálculo de reservas deve ser feito levando-se em consideração que os valores estimados poderão apresentar variações em relação aos valores reais, devido a solução adotada para a pesquisa do depósito mineral.

Matematicamente, o cálculo de reserva nada mais é que a integração numérica da função do teor (expressa em peso por unidade de volume) dentro do depósito de volume V:

$$R = \int_V T(v). dv$$

Segundo Vallée & Côte (1992), toda estimativa de volume, massa e teores de um corpo deve ser baseada em observações sistemáticas e interpretações da geologia (litologia e estrutural) e da mineralização (mineralogia, controles, distribuição e continuidade). Assim, o planejamento da amostragem de um depósito mineral deve levar em consideração as suas características geológicas, tendo como objetivo a coleta de informação sistemática.

Uma introdução ao problema da avaliação de reservas deve ser feita a partir do entendimento do princípio do cálculo de reserva. A solução para o problema do cálculo de **reserva é baseada na teoria de amostragem**.

O ponto de partida para a interpretação geológica é a determinação do teor de corte. **O teor de corte** é menor teor graça ao qual compensa lavar economicamente um bloco de minério que tenha relação de mineração nula (o

bloco tem o teor que paga as operações de produção, mas não paga a remoção de qual quer material estéril)

Todos os métodos existentes para avaliação de reservas procuram determinar, segundo seus princípios, os valores médios das variáveis de interesse (teor, densidade e espessura), que aplicadas as equações básicas de reservas fornecem o valor da reserva de uma porção, ou de todo o depósito. As equações básicas de reservas, para depósito em que a densidade aparente pode ser determinada são:

$$R = VDT = AEDT$$

Onde R é a reserva em peso, V é o volume, D é a densidade aparente ou fator tonelagem, T é o teor em percentagem, A é a área superficial e E é a espessura. O teor também pode ser expresso em ppm ou g/t.

Quando se determina a reserva em peso do conteúdo metálico, de óxido ou de elemento útil, determina-se também a tonelagem ou volume do minério.

4.10.2 Cálculo de Reserva da Área

Para a realização do cálculo de reserva foram utilizados os seguintes critérios:

- a) Mapeamento da área de ocorrência dos sedimentos bioclásticos – esse mapeamento foi realizado através das sondagens em plataforma marinha (Figura 5.4.1).
- b) Levantamento batimétrico – as curvas da batimetria foram utilizadas para confecção de 10 perfis (PC01, PC02, PC03, ... PC10) – Figura 5.4.1.

Figura 17 - Área de ocorrência do depósito de sedimentos bioclásticos.

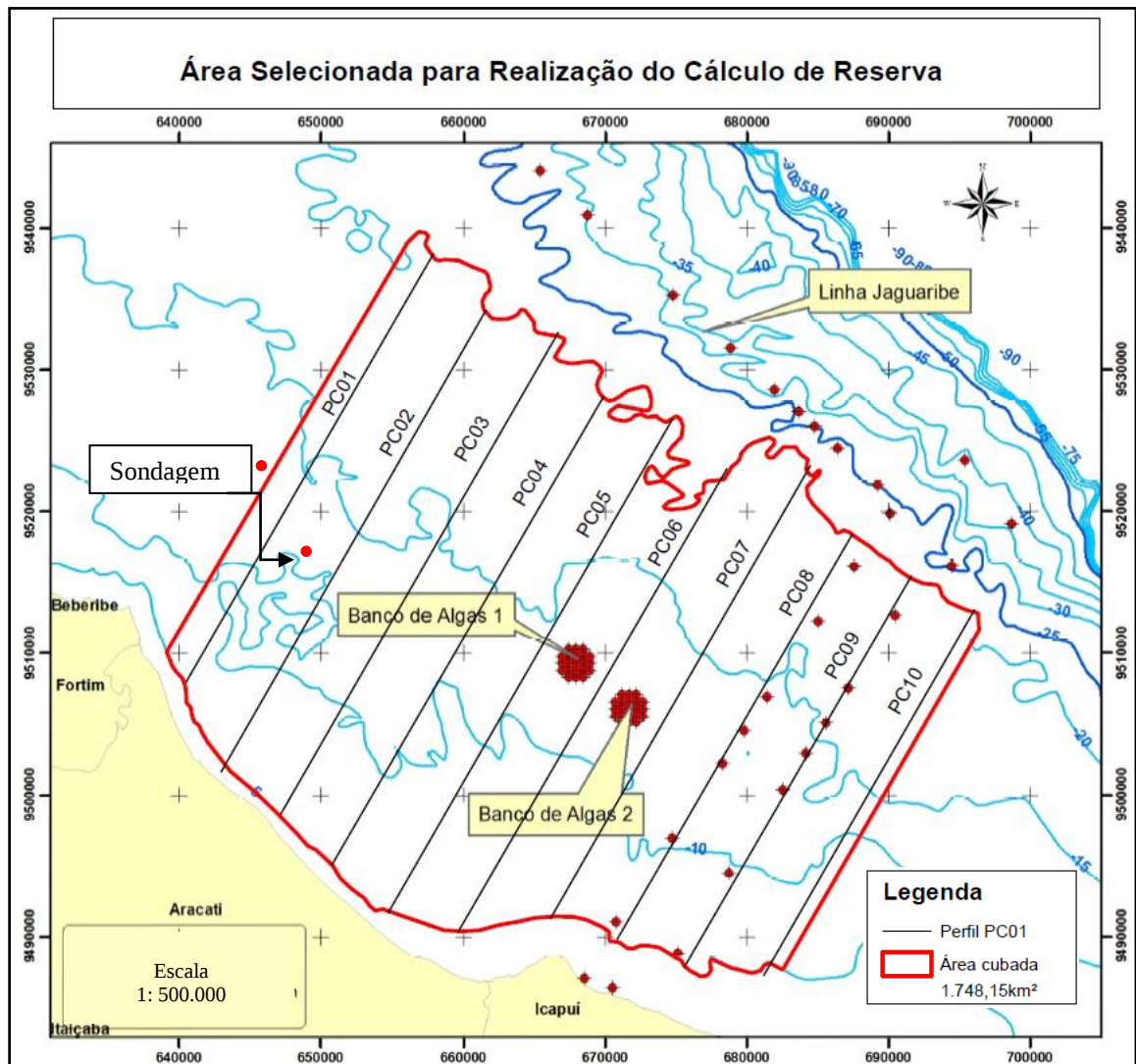
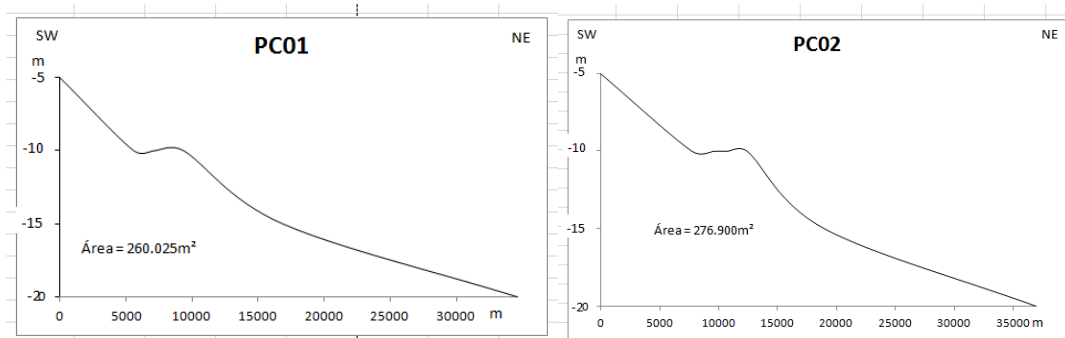
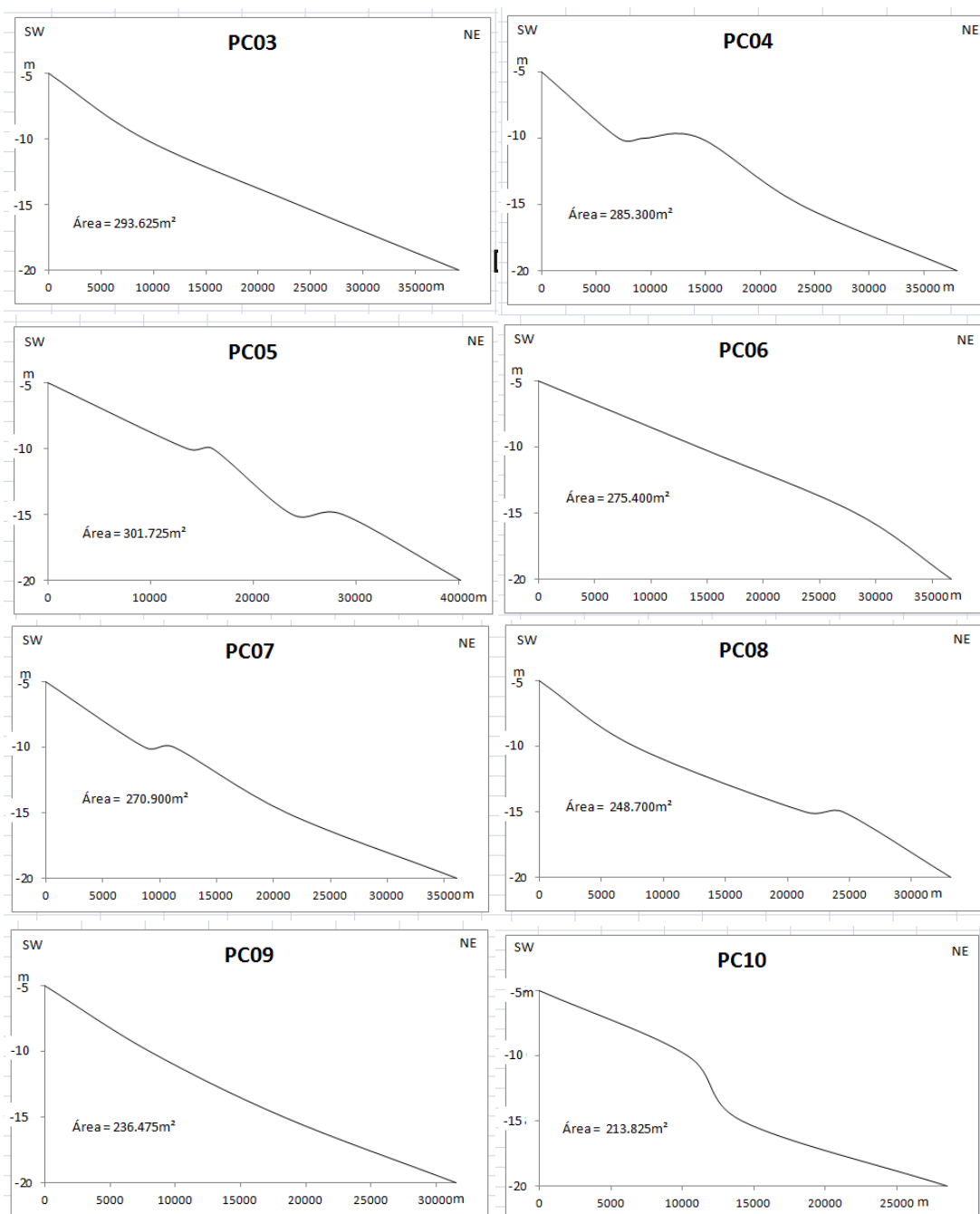


Figura 18 - Perfis utilizados para cubagem da área.





4.10.3 Método de Cubagem

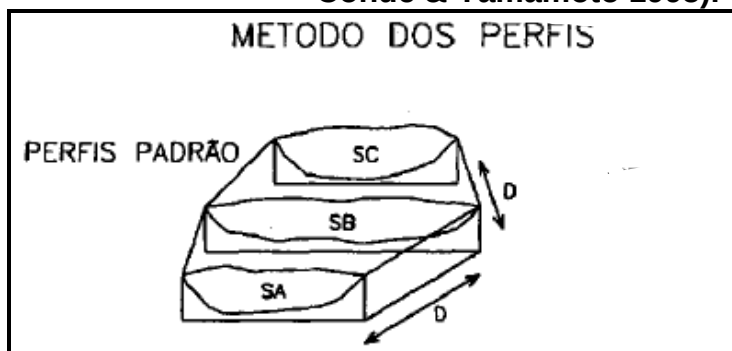
Para o cálculo de reserva foi utilizado o método dos **perfis geológicos** (Figura 03) com aplicação das equações **da área média**. Foram traçadas seções geológicas detalhadas perpendiculares à direção da linha de praia. Em cada seção foi calculada a área ocupada pelo minério. A distância entre essas duas seções consecutivas foram medidas e em seguida o volume desse bloco é obtido através das seguintes equações:

(I) Equação da área média

$$VBC = [(SB + SC)/2] \times D$$

Onde: **VBC** = volume do bloco BC, **SB** é área da seção B, **SC** é a área da Seção C e **D** é a distancia entre as seções B e C.

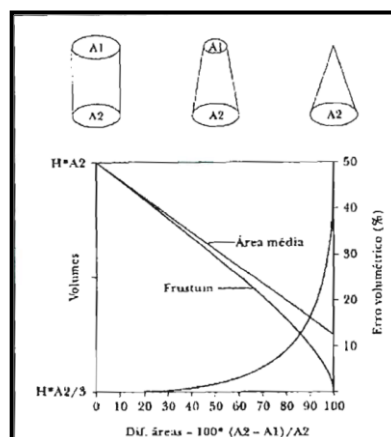
Figura 19 - Método dos perfis geológicos (desenho esquemático baseado em Conde & Yamamoto 1995).



Fonte: Yamamoto, 2001

A figura 5.4.3 (Yamamoto, 2001) demonstra o erro volumétrico como diferença entre os volumes real e o calculado pela equação da área média para sólidos com variação de área de 0% a 100% (cilindro, tronco de cone e cone). A equação da área média para cálculo de volumes é precisa quando as áreas são aproximadamente iguais, porém quando estas forem diferentes a equação do tronco de cone (frustum) proporciona resultados mais exatos (Figura 16).

Figura 20 - Erro volumétrico da equação da área média para sólidos com variação de áreas.



4.10.4 Reserva Medida do Minério de Calcário Bioclástico

Com os dados de 10 perfis batimétricos foi possível fazer o cálculo de reserva medida do minério.

A seguir as tabelas mostram os volumes obtidos através das equações da área média e de Frustum.

Equação da área média:

NOMENCLATURA

- A_n – área da seção n ;
- A_{n+1} – área da seção posterior;
- $D(m)$ – é a distância entre duas seções consecutivas (5.000m);
- V – é o volume de um bloco.

Tabela 4.4.4 - Tabela dos perfis utilizados na cubagem.

Sedimentos Bioclásticos						
Método Área Média						
Perfil	A_n (m ²)	Cubagem de blocos	$\Sigma A = (A_n + A_{n+1})$	$\Sigma A/2$	D (m)	(V) ($\Sigma A/2$) x D
PC01	260025	1 e 02	536925,00	268462,5	5000	1.342.312.500,00
PC02	276900	2 e 03	570525,00	285262,5	5000	1.426.312.500,00
PC03	293625	3 e 04	578925,00	289462,5	5000	1.447.312.500,00
PC04	285300	4 e 05	587025,00	293512,5	5000	1.467.562.500,00
PC05	301725	5 e 06	1027125,00	513562,5	5000	2.567.812.500,00
PC06	725400	6 e 07	996300,00	498150	5000	2.490.750.000,00
PC07	270900	7 e 08	519800,00	259900	5000	1.299.500.000,00
PC08	248900	8 e 09	485375,00	242687,5	5000	1.213.437.500,00
PC09	236475	9 e 10	450300,00	225150	5000	1.125.750.000,00
PC10	213825	Total				14.380.750.000,00 m ³

4.11 RESERVA TOTAL

Dessa forma foi obtido um volume total de **14.380.750.000,00 m³**.

Para o **cálculo da reserva medida** foi feito uma correção em função do erro máximo de 40% aceitável na avaliação referente à confiabilidade do método de cálculo, considerando apenas 60%. Em seguida esse valor foi multiplicado pela densidade média do minério, isto é, 1,49g/cm³.

a) (Volume Total da Reserva inferida) x 60%

b) (14.380.750.000,00 m³.) x 60% = 8.628.450.000,00m³

$$c) 8.628.450.000,00 \text{ m}^3 \times 1.499\text{Kg/m}^3 = 12.856.390.500 \text{ toneladas}$$

Reserva Inferida = 12.856.390.500 ton.

Reserva Medida

Para efeito de cubagem das Medidas foram considerados os seguintes critérios:

- a) Sondagem manual com profundidade de 1,0m;
- b) Sondagem geofísica com profundidade investigada de 1,5m

Dessa forma, considerou-se a ocorrência contínua de uma camada de 1,5m de espessura média (valor obtido na investigação geofísica) numa área de 1.748,15km² ou 1.748.150m². Logo o volume obtido será de 2.622.225 m³.

$$a) \text{Área cubada} \times \text{Espessura de minério} = 1.748.150\text{m}^2 \times 1,5\text{m} = \mathbf{2.622.225 \text{ m}^3 \text{ ou}}$$

$$b) \mathbf{2.622.225 \text{ m}^3 \times 1.499\text{kg/m}^3 = 3.933.337,308 \text{ ton.}}$$

Ressalta-se que volume do minério sedimentos bioclásticos medidos aqui calculado está limitado às informações obtidas com os dados da batimetria, geofísica e cubagem local. Dessa forma, a reserva geológica poderá ser maior do que o valor aqui calculado.

5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O IMPACTO AMBIENTAL

Os efeitos das extrações de granulados marinhos realizados por dragagens no ambiente marinho são descrito em vários trabalhos, tendo como base experiências realizadas em vários países. Como na forma realizados experimentos que possibilitassem a obtenção de novos dados, visto que não fazem parte dos objetivos do trabalho.

5.1 IMPACTO FÍSICO

Os impactos físicos da extração de granulados marinhos consistem na alteração da topografia do fundo pela extração de sedimentos, aumento de turbidez da coluna d'água e deposição de rejeito das águas de sangramento da draga.

A modificação da topografia do fundo ligado a extração de sedimentos e a consequência mais imediata da atividade de dragagem.

A extração de uma espessura significativa de sedimentos por drenagem por aspiração, pode provocar uma queda localizada de intensidade das correntes de fundo devido ao aumento da profundidade, permitindo a deposição de sedimentos mais finos.

O enchimento dos poços e das valas de dragagem é sempre muito lento, salve nos setores de areia móveis e em zona de forte turbidez.

A drenagem pode produzir uma pluma turva na coluna d'água, formada pela fração mais fina do material dragado e a sua importância depende da proporção de vasos de sedimentos e da turbidez natural da água. Estas turbidez de algumas horas pode, excepcionalmente, persistir vários dias ou até meses após a operação, dependendo de fatores hidrodinâmicos e da textura das partículas colocada em suspensão.

A diminuição da penetração luminosa causada pela pluma turva pode afetar a produção de fitoplâncton, podendo ainda perturbar o desenvolvimento de organismo não tolerantes as águas turvas.

O depósito de material fino da pluma turva será particularmente importante na zona de dragagem, sua extensão fora dessa zona dependerá da força das correntes, da salinidade e da temperatura da água, assim como da textura das partículas em suspensão.

As escavações resultante de uma exploração de granulados modificam a topografia do fundo, perturbando a circulação das águas e conseqüentemente o transporte sedimentar, o que pode vir a ocasionar erosão da zona litorânea. Migniot & Vigniot (1978) consideram que a profundidade superior a 25 metros, os efeitos são negligenciáveis sobre estabilidade do litoral.

5.2 IMPACTOS QUÍMICOS

Os impactos químicos da extração são considerados como mínimos, pois os materiais extraídos são areias cascalhos, que devido a sua textura e a pequena superfície específica, apresentam pouca interação química com coluna d'água. A matéria orgânica e a argila, cujos efeitos químicos são mais importantes, apresentam teores muito baixos nos materiais explorados, não constituindo maiores problemas.

5.3 IMPACTOS BIOLÓGICOS

O impacto de uma operação de drenagem depende da natureza dos impactos físicos e da comunidade bentônicas envolvida.

As espécies potencialmente ameaçadas pela extração dos granulados marinho são as que utilizam o fundo do marinho como local de ponte ou de alimentação (lagosta, arenques, caranguejos, etc.), bem como as algas calcárias contidas nos fundos de *maerl*.

O caráter intensivo da exploração e o tipo de dragagem realizados são importantes no dimensionamento do impacto sobre uma comunidade bentônica, podendo-se considerar que:

- a) Quanto maior for a operação, maior será o impacto sobre a fauna e mais lenta será a remobilização;
- b) O tipo de drenagem modificará a natureza do impacto. A extração em pontos tem um efeito importante (10 a 20 metro de profundidade), mas localizado, tanto sobre a morfologia do fundo quanto sobre a fauna. Já a extração por aspiração em movimento, tem um impacto bem mais pronunciado, com escavação de vales de cerca de 2 m de largura, que podem aprofundada, pelas repetidas passagens da draga, até 2m de

profundidade. Este último método é normalmente preferido pois deixa o fundo em um estado aproximado das condições iniciais, facilitando o processo de recolonização pela fauna bentônica, bem como pela pesca de arrasto.

A reestruturação dos bentos depois da dragagem é influenciada pela:

- a) Quantidade dos novos sedimentos que aparecem ou pelo acúmulo no sítio de extração;
- b) Pelo estoque de larvas e adultos das espécies potencialmente recolonizadoras;
- c) Pela natureza e intensidade do *stress* que suporta habitualmente a comunidade.

O processo de recolonização assemelha-se ao observado após a poluição orgânica ou depois de fortes tempestades. As primeiras espécies serão de adultos da epifauna que habitam os sedimentos adjacentes não perturbados.

A recolonização é rápida nas comunidades de substrato móvel exposta a perturbações regulares e que são dominadas por espécies oportunistas de curto ciclo de vida, sendo mais lenta nas comunidades estáveis. Uma restauração completa dos bentos pode levar de um a quinze anos ou mais.

6 LEGISLAÇÃO PERTINENTE À MINERAÇÃO NO MAR

No fim do século passado mas precisamente na década de oitenta foi criado o Conselho Internacional para Exploração do Mar (CIEM), o Grupo de Trabalho *Efeitos da extração de sedimento marinhos sobre a pesca*, com o objetivo de ampliar o conhecimento e a compreensão dos impactos das atividades de extração de granulados marinhos e mais particularmente sobre a pesca, ao mesmo tempo em examinar os procedimentos adotados pelos países membros, visando o controle desse tipo de atividade.

Na década seguinte dos doze países membros, somente oito desses países possuem mais de um texto tratando das extrações de minerais marinhos, nos quais resoluções diferentes se aplicam para águas territoriais e para plataforma continental. Nove destes países podem inserir, na autorização de extração marinha de minerais, termos de condições específicas acerca do impacto ocasionado no meio marinho e na pesca.

Na mesma década a reunião do *Grupo de Trabalho sobre efeitos da extração de sedimentos marinhos sobre a pesca* do CIEM, propôs um *Código de Conduta para extração comercial de sedimentos marinhos (incluindo recursos em minerais e granulados)*, destinado a favorecer uma gestão sadia que permita a co-habitação harmoniosa da indústria de extração com a pesca e as outras atividades desenvolvida no meio marinho. Os critérios científicos considerados para permitir a extração incluem os efeitos sobre a estabilidade do litoral. O método de dragagem, a quantidade total de granulados a ser extraída e o ritmo de exploração deverão ser precisos dentro do pedido de permissão de extração, como forma de controlar o impacto potencial da operação.

No Brasil, os recursos naturais do Mar Territorial e da Plataforma Continental, bem como os da Zonas Econômica Exclusiva, incluem-se entre bens da União, conforme determina o art. 20 da Constituição Federal de 1988.

A atual legislação que regula a pesquisa e lavra mineral no Brasil não faz nenhuma distinção entre áreas submarinas e terrestres. Os materiais para uso imediato da construção civil, nos quais estão incluídos as areias, cascalho e granulados de acordo com a portaria nº 16/97 do Diretor Geral do DNPM, têm a autorização de pesquisa adstritas a área máxima de 50 ha e prazo de validade de 2 anos.

O Código de Mineração, Decreto-Lei 227/67, previa no item IV do art.22 que “A pesquisa em leitos navegáveis e flutuáveis, nos lagos e na plataforma submarinas, somente será autorizada sem prejuízo ou com ressalva dos interesses da navegação ou flutuação, ficando sujeita, portanto às exigências que foram impostas nesse sentido pelas autoridades competentes”. As alterações ditada na Lei 9.314/96, suprimiram a necessidade do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM fazer um consulta prévia ao Ministério da Merinha para outorgar uma autorização de pesquisa na plataforma continental, pois a nova redação do item IV diz que “ O titular da autorização responde, com exclusividade, pelos danos causados a terceiros, direta ou indiretamente decorrente dos trabalhos de pesquisa.

A resolução CONAMA Nº 237/97, atribui ao Instituto Brasileiro de Recursos Naturais e Renováveis e Meio Ambiente - IBAMA o licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades localizadas no Mar Territorial. Plataforma Continental e Zona Econômica Exclusiva.

7 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados e discussões apresentados ao longo desta tese, principalmente as que determinaram os teores de óxidos de cálcio em sedimentos bioclásticos encontrados, chegou-se às conclusões a seguir enumeradas:

- a) A exploração sedimentológica e bioquímica realizada neste trabalho indicam resultados novos para esta área específica do litoral de Icapuí - Ceará que pode ser transformada mais diretamente em exploração;
- b) A exploração estaria justificada pelo cálculo de reserva realizado nesta tese, indicado na área estudada uma possibilidade de aproveitamento econômico dos bioclásticos;
- c) Este é um dado valioso, que poderia ser levado às empresas da área da mineração no Ceará, principalmente nas indústrias de cimento, haja vista a grande concentração dos teores de carbonato de cálcio apresentados nos sedimentos;
- d) Em princípio, há carência de granulados marinhos no mercado, desde que se considere os siliciclásticos como fatores de recuperação e regeneração de áreas costeiras;
- e) Quanto à aplicação de granulados bioclásticos do ponto de vista econômico haveria, no caso para uma resposta definitiva, observar em detalhe as ocorrências provenientes de áreas emersas, como da Chapada do Apodi, cujo afloramento se apresenta no litoral de Icapuí;
- f) O cálculo de reserva medida para área de estudo, com um total de 1.748 m², com espessura de 1,5 m, foi calculada em 3.933.337,30 de toneladas, com teores de carbonato de cálcio acima de 80%, o que reforça que há possibilidades de aproveitamento econômico resultantes da exploração de granulados marinhos no Ceará;
- g) Há condições de aproveitamento dos granulados marinhos bioclásticos desde que sejam observados rigorosamente os possíveis excessos de mineração, que podem resultar na escassez dos depósitos;
- h) Técnicas de exploração adequadas e rigorosamente dentro das normas ambientais aprovadas seriam possíveis, haja vista a qualidade dos materiais que se presta, não somente para a indústria da construção

civil, mas também para fins de outras indústrias, tais como a termoplástica: fabricação de *PVC*(poli cloreto de vinila), *PP* (polipropileno) *PE* (polietileno);

- i) O calcário utilizado atualmente para calagemdo solo é quase que na sua totalidade de origem continental, a partir de rochas metamórficas. O sedimento carbonático que deu origem a essa rocha passou por inúmeras transformações ao longo de milhões de anos, e os seus elementos originais foram incorporados à rede cristalina dos minerais que compõem a rocha (calcita, dolomita, etc.) e, dessa forma, não estão facilmente disponíveis,diferentemente dos bioclásticos que possuem elementos disponíveis de maneira mais ampla;
- j) Dentre as principais características físicas dos granulados bioclásticos marinhos, a sua estrutura muito porosa (cerca de 40%), facilita a aeração dos solos e suas reações químicas, o que, em termos de utilização para correção de solos, representa um diferencial positivo em relação ao calcário de origem continental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHREND, K. ***The sócio-economic determination of the natural resource*** category. Rawm Materials Report Stockholm. 3(1): 37 – 44-1984.
- BARRETO, H.T. & MILLIMAN, J.D. 1969. Esboço fisiográfico da margem continental brasileira. In: Toffoli, L.C. (Ed.), ***Margem Continental Brasileira - Coletânea de trabalhos***. Rio de Janeiro, PETROBRÁS, 1:11-30.
- BARRETO, H.T; SUMMERHAYES, C.P. Oceanography and suspended matter off Northeastern Brazil. ***Journal of Sedimentary Petrology***, Tulsa, v. 45, n. 4, p. 822-833, 1975.
- BATISTA NETO *et al.*, 2004. ***Introdução à geologia marinha*** - Rio de Janeiro.
- BERTANI R. T., COSTA, I. G. & MATOS, R. D. M. 1990. Evolução tectonosedimentar estilo estrutural e habitat de petróleo da Bacia Potiguar. In RAJE GABAGLIA G. P. & MILANI E. J. (eds). ***Origem e evolução das bacias sedimentares***. Rio de Janeiro, PETROBRÁS, p. 291-301.
- BLAZIN, P. C. 2005 ***Característica sedimentar e hidrológica do rio Ivaí em sua foz com o rio paraná, Icaraíma – PR***. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual de Maringá, UEG. 73p.
- BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M. E GONÇALVES, J. H. ***Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil***. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2003, v., p. 55-86.
- CAVALCANTE, V.M.M.; FREIRE, G.S.S.; SALES, H.B. 1993. ***Depósito de minerais pesados de interesse econômico na plataforma interna leste do Estado do Ceará***. Ver. Geo., Fortaleza, 6: 75-91.
- CORREA, I. C. S. ***Mapeamento e recursos minerais na plataforma continental e área oceânica internacional***. Anais da 62 Reunião Anual da SBPC - Natal, RN - Julho/2010.
- COUTINHO, P. N. & MORAIS, J. O. 1968. ***Distribuio de los sedimentos en la plataforma continental norte y nordeste Del Brasil***. In SYMPOSIUM ON INVESTIGATION AND RESOURCES OF THE CARIBBEAN SEA AND ADJACENT REGIONS. Curao: UNESCO, p. 261 -284.
- CUTLER, A.H. & FLESSA, K. W.,(1990) ***Dealing with stratigraphic disorder***: Palaios, v.5, p.227-223.
- DIAS, G. T. M. ***Granulados bioclásticos – algas calcárias***. Universidade federal fluminense Departamento de geologia – lagamar. Brazilian journal of geophysics, vol. 18(3), 2000.

DIAS, J. A. A **Análise Sedimentar e o Conhecimento dos Sistemas Marinhos**. Universidade do Algarve. Faro: 2004.

DUPONT, H. RIBEIRO, L. BODEVAN, E. C. LUCIO, P. S. **Direção de transporte sedimentar na desembocadura do rio itanhém, extremo Sul da bahia. Aplicação do método de gao & collins e krigagem vetorial**. UFMG. 2000. Geonomos 8 (2): 9-18.

EMERY, K.O. **The continental shelves**. *Scientific American*, v. 63, p.538 – 578, 1955,

F.A.C. B; SOUSA, J.F; VIDAL, F.W.H. (org.) **Rochas e Minerais Industriais do Ceará**, p. 142, Fortaleza: CETEM/UECE/ DNPM/ FUNCAP/ SENAI, 2005.

SUGUIO, K. **Introdução a Sedimentologia**. São Paulo, Edgard Blucher, Ed. Da Universidade de São Paulo, 1973.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. São Paulo, Blucher, 2003.

FARIAS, A. C. 2008. **Aplicação da técnica de infravermelho na identificação e caracterização da mineralogia nos sedimentos carbonáticos em testemunho do Arquipélago de Abrolhos, Estado da Bahia**. Monografia de graduação- Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ.72p.

Flessa, K.W. & Kowalewski, M. 1997. **Shell survival and time-averaging en nearshore and shelf environments: estimates from the radiocarbon literature**. FLUGEL, E. **Microfacies of Carbonate Rocks**. Analysis, interpretation and application.2nd Edition. Springer-Verlag Berlin Heildelberg 2010.

FOLK, R.L. & WARD, W.C. 1957. **Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters**. Journal of Sedimentary Petrology, v. 27, p. 3-26.

FRANÇA, A.M.; COUTINHO, P.N. & SUMMERHAYES, C.P. 1976. **Sedimentos superficiais da margem continental nordeste brasileiro**. Ver. Bras. Geol., São Paulo, 6(2): 78 -88.

FRATTINI, C.T.A. & KALCKMANN, R.E. — 1967 — **Contribuição à interpretação das análises de potássio, em solos do Rio Grande do Sul**. Pesq. Agrop. Bras. 2:263-267. 6.

FREIRE, G.S.S. **Geologia marinha da plataforma continental do Ceará**. 1985. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Tecnologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1985.

fundamento e aplicações. Piracicaba: CENA/USP, 1997. 93p.

FURSICH, F.T. & ABERHAN, M. (1990) **Significance of time-averaging for palaeocommunity analysis**. *Lethaia*, v.23, p.143 -152.

- GAO, S. & COLLINS, M. B. 1991. ***A critique of the “McLaren method” for defining sediment transport paths-discussion***. Journal of Sedimentary Petrology, 61,1:143-146.
- GORINI M. A., CARVALHO J. C.de. 1984. ***Geologia da margem continental inferior brasileira e do fundo oceânico adjacente***. In: Schobbenhaus C., Campos F.A., Derzi G.R., Asmus H.A. coords. 1984. ***Geologia do Brasil***. Brasília. DNPM/MME: p. 473-489.
- GORINI, M. A. 1981. ***The tectonic fabric of the Equatorial Atlantic and adjoining continental margins: Gulf of Guinea to Northeastern Brazil***. In: Asmus, H.E. ed. ***Estruturas e tectonismo da margem continental brasileira e suas implicações nos processos sedimentares e na avaliação do potencial de recursos minerais***. Rio de Janeiro, PETROBRÁS, CENPES, DINTEP. p. 11-116.
- HEEZEN, B.C.; THARP, N. & EWING, M. 1959. ***The floors of oceans***. In: *The North Atlantic*, New York, p.122.
- HOLZ, M. & SIMÕES, M. G., ***Elementos fundamentais de tafonomia***. Porto Alegre: Ed: Universidade/UFRGS. 2002.
- KEMPF, M. 1970. ***Notes on the benthic bionomy of N-NE brazilian shelf***. Mar.Biol. s.l., 5:213-244.
- KIDWELL, S. D. & BOSENCE, D.W.J (1991) ***Taphonomy and Times-averaging of marine shelly faunas***. In ALLISON, P.A. & BRIGGS, D.E. (eds) *Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record. Topics in Geobiology*, Plenum Press, New York, p. 115 – 209.
- KONDO, Y. Burrowing depth of infaunal bivalves- observation of living species and its relation to shell morphology. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan*, v. 148, p. 306-323, 1987.
- KOWALEWSKI, M. (1996) ***Time-averaging, overcompleteness and the geological record***. *Journal of Geology* v. 04, p. 317 – 326.
- KRUMBEIN, W. C.; SLOSS, L. L. ***Stratigraphy and sedimentation***. 2nd edition. xvi, 660 p. 1963.
- MARTINICH, A.P. ***Ensaio Filosófico o que É, como faz***. EDIÇÃO LOYOLA, São Paulo, Brasil, 2002.
- MARTINS, T. S. ***Análise da granulometria Dos sedimentos carbonáticos do Recife de Fora, Porto Seguro, Estado da Bahia***. x, 57p.: il. - Monografia (Bacharelado em Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Instituto de Geociências, Depto. De Geologia, 2010.
- MATOS, R. M. D. 1987 – ***Sistema de riftes Cretáceos do NE Brasileiro***: In Seminário de Tectônica da PETROBRAS, 1. Rio de Janeiro, Atas, PETROBRAS/CENPS/DEPEX. P. 126-159.

MCKILNNEY, M. L. (1991) ***Completeness of the fossil record: an overview***. In DONOVAN, S.K. (ed) the process of fossilization. New York: Columbia University Press, p. 66 – 83.

MEIRELES, A. J. A. ; Serra ; THIERS (2005). ***Aspectos Geodinâmicos do Delta de Maré da Planície Costeira de Icapuí/CE***. Litoral e sertão - natureza e sociedade no nordeste brasileiro. Fortaleza: Expressão gráfica, , v. 1, p. 367-382.

MENEZES, M.P.N.; FREIRE, G.S.S. & SOUZA, J.V. 1986. ***Distribuição dos minerais pesados da plataforma continental do Ceará***. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 12., 1986. Atas... João Pessoa: Sociedade Brasileira de Geologia, p. 193 – 207.

MONTEIRO, L.H.U. Feições Superficiais da Plataforma Continental Cearense entre o Litoral de Fortaleza e Icapuí, 2011.

MORAES, A. C. R. ***“Contribuições para a Gestão da Zona Costeira do Brasil: Elementos para uma Geografia do Litoral Brasileiro.”*** 1º edição: janeiro de 2007. ANNABLUÉ editora.

MORAIS, J.O. ***Aspectos do Transporte de Sedimentos no Litoral do Município de Fortaleza, Estado do Ceará, Brasil***. Fortaleza, Arq. Ciên. Mar.1980, Vol.20:71-100

MORAIS, J.O; PINHEIRO, L. S. (2005). ***Rochas e Minerais Industriais no Mar e em Zonas Costeiras***. In: MATTOS, I.C; ROBERTO. F.A. C; SALES. F.A.C. B; SOUSA, J.F; VIDAL, F.W.H. (org.) Rochas e Minerais Industriais do Ceará, p. 142, Fortaleza: CETEM/UECE/ DNPM/ FUNCAP/ SENAI, 2005.

MORAIS, J.O. 1981. ***Evolução sedimentar da enseada do Mucuripe***. Arq. Cir. Mar, Fortaleza, 21:20- 32.

NASCIMENTO FILHO, V.F. ***Fluorescência de raios X por reflexão total:***

NETO, O. C. P., 2003. ***Estratigrafia de Seqüências da Plataforma Mista Neogênica na Bacia Potiguar, Margem Equatorial Brasileira***. Revista de Geociências. V.3, p. 263-278.

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

PETROBRAS, 2009. ***Caracterização Geológica e Geomorfológica para Estudo de Licenciamento Ambiental***. Relatório interno de número RL-1000.00-9311-986-PIP-005.

REZENDE, W. M. & FERRADAES, J. O. 1971. Integração geológica regional da Bacia Sedimentar da Foz do Amazonas. In: ***Congresso Brasileiro De Geologia, 25., Anais***. SBG, Belém 203-214p.

SALIOT, A., 1994, **Biogéochimie organique marine**. Cours d'Océanographie Européens, I: 20p.

SCHALLER, H. VASCONCELOS, D.N. CASTRO, J.C., 1971. Estratigrafia preliminar da Bacia Sedimentar da Foz do Rio Amazonas. **In: Congresso Brasileiro De Geologia, 25., Anais... SBG**, São Paulo, 3:189-202.

SELLEY, R.C. **An introduction to sedimentology**. Londres: Academic Press, 1976.
SOARES, U. M., ROSSETTI, E. L. & CASSAB, R. C. T. 1990. **Bacias sedimentares brasileiras - Bacia Potiguar**. Phoenix Ano 5, Número 56.

SOUZA, M. J. N. (2000) **Bases Naturais e Esboço do Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará. In: Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará**. Lima, L. C.; MORAIS, J. O; SOUZA, M. J. N. Ed. FUNECE. Fortaleza, p. 6 – 98.

SOUZA, M.J.N de. (1988) **Contribuição ao estudo das unidades-morfoestruturais do Estado do Ceara**, Revista de Geologia, v1, p 73-91, Edições Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SUGUIO, K. **Introdução a Sedimentologia**. São Paulo, Edgard Blucher, Ed. Da Universidade de São Paulo, 1973.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. São Paulo, Blucher, 2003.

TUCKER, M. E.; WRIGHT V. PAUL. **Carbonate Sediments and Limestones: Constituents**. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781444314175.ch1/summary>>. Visto em: 23/Dezembro/2011.

VALLÉE, M. & CÔTE, D. **"The Guide to the Evaluation of Gold Deposit: Integrating Deposit Evaluation and Reserve Inventor Practies"** CIM BULL, 85(957): 50 – 61, 1992.

YAMAMOTO, J. K. **Avaliação e Classificação de Reservas Minerais**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

ZEMBRUSKI, S.G.; BARRETO, H.T.; PALMA, J.J.C. & MILLIMAN, J.D. 1972. **Estudo das províncias geomorfológicas da margem continental brasileira**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26., Belém, 1972. *Anais...* Belém: Sociedade Brasileira de Geologia, v. 2, p.187-209.

ZWARTENDYK, J. **What is "mineral endowmen" and how should we measure it?** Mineral Bulletin Ottawa, MR 126 p. 1-77 1972.

ANEXOS

BANCO DE DADOS DE ICAPUÍ

A1	668527,35	9509992,88	Icapuí
A2	668524,68	9509502,98	Icapuí
A3	668527,35	9509006,83	Icapuí
A4	668527,35	9508505,10	Icapuí
A5	668527,35	9508049,65	Icapuí
A6	668027,35	9508045,77	Icapuí
A7	668027,35	9508501,24	Icapuí
A8	668022,95	9509002,98	Icapuí
A9	668022,95	9509502,98	Icapuí
A10	668027,35	9509992,88	Icapuí
A11	667527,35	9509992,88	Icapuí
A12	667527,35	9509508,56	Icapuí
A13	667525,09	9509002,98	Icapuí
A14	667525,09	9508502,98	Icapuí
A15	667527,35	9508041,89	Icapuí
A16	667049,03	9508502,98	Icapuí
A17	668984,61	9508502,98	Icapuí
A18	668984,61	9509002,98	Icapuí
A19	667045,16	9509002,98	Icapuí
A20	667041,28	9509502,98	Icapuí
A21	668984,61	9509502,98	Icapuí
A22	672270,37	9506819,45	Icapuí
A23	672268,50	9506329,55	Icapuí
A24	672264,68	9505829,55	Icapuí
A25	672268,50	9505329,55	Icapuí
A26	672270,37	9504876,21	Icapuí
A27	671770,37	9504872,34	Icapuí
A28	671768,76	9505329,55	Icapuí
A29	671764,94	9505829,55	Icapuí
A30	671764,94	9506329,55	Icapuí
A31	671770,37	9506819,45	Icapuí
A32	671270,37	9506819,45	Icapuí
A33	671265,20	9506329,55	Icapuí
A34	671265,20	9505829,55	Icapuí
A35	671265,20	9505329,55	Icapuí
A36	671270,37	9504868,46	Icapuí
A37	670792,05	9505329,55	Icapuí

A38	672727,64	9505329,55	Icapuí
A39	672727,64	9505829,55	Icapuí
A40	670788,18	9505829,55	Icapuí
A41	670784,30	9506329,55	Icapuí
A42	672727,64	9506329,55	Icapuí
P43	670861,75	9490789,31	Icapuí
P44	674804,57	9496655,47	Icapuí
P45	678385,81	9501983,66	Icapuí
P46	679919,94	9504266,16	Icapuí
P47	681550,10	9506691,53	Icapuí
P48	687682,65	9515815,58	Icapuí
P49	690223,15	9519595,36	Icapuí
P50	695504,94	9523399,72	Icapuí
P51	701586,20	9527779,93	Icapuí
P52	662627,90	9487422,41	Icapuí
P53	662627,90	9492887,16	Icapuí
P54	664627,90	9492887,16	Icapuí
P55	664627,90	9488089,07	Icapuí
P56	666627,90	9488755,74	Icapuí
P57	666627,90	9492887,16	Icapuí
P58	668627,90	9492887,16	Icapuí
P59	668627,90	9486782,24	Icapuí
P60	670627,90	9486128,38	Icapuí
P61	670627,90	9492887,16	Icapuí
P62	675206,59	9488613,72	Icapuí
P63	678829,02	9494221,47	Icapuí
P64	682639,06	9500119,68	Icapuí
P65	684283,03	9502664,64	Icapuí
P66	685674,29	9504818,41	Icapuí
P67	687284,39	9507310,95	Icapuí
P68	690573,40	9512402,56	Icapuí
P69	692857,24	9514658,78	Icapuí
P70	694577,37	9515863,13	Icapuí
P71	698805,20	9518878,57	Icapuí
P72	705177,27	9523423,35	Icapuí
P477	685129,27	9512016,65	Icapuí
J103	689333,89	9521590,59	Icapuí
J104	686494,05	9524233,87	Icapuí
J105	684875,63	9525740,27	Icapuí
J106	683770,58	9526768,83	Icapuí
J107	682017,12	9528400,93	Icapuí
J108	678953,12	9531252,85	Icapuí
J109	674898,18	9535027,12	Icapuí
J110	668838,24	9540667,61	Icapuí
J111	665477,91	9543795,35	Icapuí