



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
MESTRADO EM GEOLOGIA**

JOÃO CAPISTRANO DE ABREU NETO

**ANÁLISE TEXTURAL E GEOQUÍMICA DOS ARGILOMINERAIS
DO TALUDE CONTINENTAL DO OESTE DO CEARÁ**

**Fortaleza-Ceará
Setembro/2012**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
MESTRADO EM GEOLOGIA**

JOÃO CAPISTRANO DE ABREU NETO

**ANÁLISE TEXTURAL E GEOQUÍMICA DOS ARGILOMINERAIS DO
TALUDE CONTINENTAL DO OESTE DO CEARÁ**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará - UFC, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geologia. Linha de pesquisa: Geologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. George Satander Sá Freire

**Fortaleza-Ceará
Setembro/2012**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- A145a Abreu Neto, João Capistrano de.
Análise textural e geoquímica dos argilominerais do talude continental do oeste do Ceará / João Capistrano de Abreu Neto – 2012.
75 f. : il. color., enc. ; 30 cm.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Geologia, Mestrado em Geologia, Fortaleza, 2012.
Área de Concentração: Geologia Ambiental.
Orientação: Prof. Dr. George Santander Sá Freire.
1. Sedimentologia. 2. Testemunho. 3. Margem continental. I. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
MESTRADO EM GEOLOGIA**

Título do trabalho:

**ANÁLISE TEXTURAL E GEOQUÍMICA DOS ARGILOMINERAIS DO TALUDE
CONTINENTAL DO OESTE DO CEARÁ**

Autor: João Capistrano de Abreu Neto

Defesa em: 19/09/2012

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. George Satander Sá Freire
(Orientador)

Prof. Dr. Georg Friedrich Irion
(Intituto de Ciências Marinhas Seckenberg - Alemanha)

Prof. Dr. Maamar El-Robrini
(Universidade Federal do Pará - UFPA)

***“A língua e a escrita não chegam para
descrever todas as maravilhas do mar.”***

Cristóvão Colombo

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais Verônica e José Francisco.

A minha namorada e fiel companheira Marisa.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, por mais esta conquista e por ter colocado em minha vida pessoas que, mesmo distantes, não nos abandonam e sempre nos fazem crescer pessoal e profissionalmente.

Aos meus pais José Francisco e Verônica, que serão sempre minha inspiração de vida, por acreditarem em mim, me educarem e me incentivarem a lutar pelos meus sonhos.

A minha família, por todo o apoio e incentivo e por sempre acreditarem no meu potencial.

Ao meu orientador professor George Satander pelo apoio, orientação e confiança que me deu desde que entrei no LGMA, me ensinando a ser uma pessoa mais digna e um profissional correto.

Ao professor Norberto Horn Filho pela ajuda desde a disciplina no departamento de geologia até a qualificação, que me auxiliou na organização da minha pesquisa.

Ao professor Georg Irion pela sua amizade e pelo aprendizado que me proporcionou, desde os trabalhos de campo em Aracati até o apoio na minha pesquisa de mestrado.

A professora Diolande Gomes pelo seu apoio e contribuição nessa pesquisa.

A UFC (Universidade Federal do Ceará), por ter ampliado meus conhecimentos de pós-graduando, dando-me uma maior consciência social e científica.

A Capes (Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pelo seu incentivo a pesquisa no Ceará e pelo seu apoio financeiro que foi de fundamental importância ao progresso desta pesquisa.

A ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustíveis), por ceder as amostras utilizadas nessa pesquisa.

Ao LGCO (Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica), onde dei meus primeiros passos no mundo pesquisa e aos meus companheiros de laboratório, que sempre estiveram ao meu lado: Judária, Mariana Navarro (Mari), Carlos (Pumba), Eduardo (Dudu), Mariana Aquino (Mari), Raquel (Quel), Gustavo, André (Dente), Jorge, Neide, Laldiane, Tatiana, Paulo Henrique (PH), Carolina, Renan, Aloísio, Davis, Sílvio, Renan Remam, Maciel, Mailton, Patrícia e Guilherme.

Ao LGMA (Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada) pelo apoio a esta pesquisa, com toda a infraestrutura de laboratório e gabinete e aos novos amigos e companheiros de pesquisa que vieram juntos: Inácio, Márcio, Ludmila, seu Edilson, Tony, Denise Santos, Izabelly, Nilberto, Daniel, Maria Clara, Geny, João Paulo e, especialmente, à Denise Fernandes e Rose, por toda a ajuda nessa pesquisa.

Ao Programa de Pós-graduação em Geologia e todos os funcionários que trabalharam e trabalham no departamento de Geologia.

Por último, e não menos especiais, “amigos e colegas”: Talitha, Márcia, Débora, Camila, Mirella, Diego Sampaio, Bianca, Johnjohn, Allan Spinoza, Allan Pereira, Daniel, Vanesca, Elvis, Diego Nobre, Germano, Dona Juju, Rinara, Ravena, Pedrinho... Obrigada por seu carinho, cuidado, apoio, companheirismo, incentivo e alegria.

E a todos que deram contribuição direta ou indireta ao meu trabalho, sozinhos não conseguimos realizar nada e, em especial, a todos os amigos que me cativaram e aprendi a admirar.

Muito Obrigado!

RESUMO

Esta pesquisa foi realizada no talude continental da região de Camocim, a 80 km do continente. Seu objetivo principal foi caracterizar o testemunho SIS-134, coletado a uma profundidade de 1350 m, quanto a textura, cor, composição química e mineralogia, na busca de auxiliar na classificação dos sedimentos das zonas submersas. Os estudos foram baseados em referencial bibliográfico e utilizadas metodologias de análise geoquímica e caracterização dos argilominerais por técnicas de DRX e fluorescência de raios-X. A geologia do talude continental faz parte da margem passiva, tendo sua evolução ocorrida no período de rifteamento da bacia oceânica, sendo modelado pela atuação do tectonismo, das variações do nível médio do mar, da deposição fluvial, das marés, correntes oceânicas, ondas, entre outros. Houve predominância de sedimentos lamosos em todas as seções analisadas, com teores variando de 75,3% a 90,8%, sendo o menor valor encontrado na base do testemunho, indicando que a área compõe um ambiente de baixa energia onde se depositam somente os sedimentos de granulometria mais fina. Os argilominerais encontrados correspondem aos grupos da esmectita, caulinita e illita. Os valores de illita foram de 42,36% no topo, 51,32% no meio e 60,9% na base do testemunho, o que pode indicar que no passado houve uma maior influência da ação fluvial na sedimentação deste ambiente. A esmectita obteve nas seções topo, meio e base, teores de 12,06%, 1,09% e 4,9% respectivamente. A caulinita se apresentou no testemunho com teores de 45,58%, 47,59% e 34,2% respectivos a topo, meio e base. Na composição química do testemunho, foi verificada a predominância de CaO_3 , seguido de SiO_3 , Al_2O_3 , e Fe_2O_3 , que reforça a influência da sedimentação continental do talude. O teor de CaO_3 se apresentou elevado em quase todo o testemunho, sendo os maiores valores encontrados nas seções topo e meio com 95,2% e os menores valores foram encontrados na base do testemunho com 40,5% e 57,1%. O teor de matéria orgânica variou de 7,03% a 36,21%, que se justifica pela baixa energia e lenta deposição do ambiente. Os resultados geraram uma maior base nos estudos sobre o mar profundo e sua dinâmica.

Palavras chave: Talude Continental, testemunho, argilominerais, Ceará.

ABSTRACT

This research was conducted on the continental slope of Camocim region, 80 km from the mainland. Its main objective was to characterize the core SIS-134, collected at a depth of 1350 m, about the texture, color, chemical composition and mineralogy, in search of help to classify the sediments of submerged areas. The studies were based on literature references and used methodologies for geochemical analysis and characterization of clay by XRD and X-ray fluorescence techniques. The geology of the continental slope is part of the passive margin, and its evolution occurred during the rifting of the ocean basin, being modeled by the action of plate tectonics, the variations of the mean sea level, fluvial deposition, the tides, ocean currents, waves, among others. There was a predominance of muddy sediments in all sections analyzed, with levels ranging from 75.3% to 90.8%, the lowest value found in the bottom of the core, indicating that the area comprises a low energy environment where is deposited only sediment of finer grain size. The clay minerals found correspond to groups of smectite, kaolinite and illite. Values were 42.36% illite the top, in the middle 51.32% and 60.9% on the basis of the core, which may indicate that in the past there was a strong influence of a river environment. The smectite in the sections got the top, middle and base levels of 12.06%, 1.09% and 4.9% respectively. The kaolinite is presented in the core at levels of 45.58%, 47.59% and 34.2% respective to the top, middle and base. In the chemical composition of the core, there was a predominance of CaO_3 , followed by SiO_3 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , and that reinforces the influence of the continental slope sedimentation. The content CaO_3 appeared high in almost all the testimony, and the highest values found in the top and middle sections with 95.2% and the lowest values were found at the base of the core with 40.5% and 57.1%. The organic matter content, which ranged from 7.03% to 36.21% is explained by the slow deposition and low energy environment. The results generated a higher based on studies of the deep sea and its dynamics.

Keywords: Contiental Slope, core, clay minerals, Ceará.

SUMÁRIO

RESUMO	iii
ABSTRACT	ix
LISTA DE FIGURAS	III
LISTA DE MAPAS	III
LISTA DE GRÁFICOS	III
LISTA DE TABELAS	IV
LISTA DE ABREVIATURAS	V
1. INTRODUÇÃO	01
1.1 Localização da área de estudo	04
2. REFERENCIAL TEÓRICO	05
2.1 Caracterização fisiográfica da área de estudo	05
2.1.1 Aspectos geológico-geomorfológicos	05
2.1.1.1 Margem continental	05
2.1.1.1.1 Talude continental	07
2.2 Aspectos sedimentológicos	10
2.2.1 Sedimentos marinhos	10
2.2.1.1 Argila	13
2.2.1.1.1 Argila de ambientes marinhos	14
2.2.1.1.2 Argilominerais	15
2.3 Aspectos climáticos	16
2.4 Aspectos oceanográficos	18
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	20
3.1 Referencial bibliográfico e cartográfico	21
3.2 Trabalhos de campo	22

3.3 Etapa de laboratório	26
3.3.1 Separação das amostras	26
3.3.2 Difractometria e fluorescência de raios-X	27
3.3.3 Teor de matéria orgânica	31
3.3.4 Teor de carbonato de cálcio	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
4.1 Geologia do talude continental do litoral oeste do Ceará	34
4.2 Batimetria da área de estudo	35
4.3 Descrição textural do testemunho SIS-134	39
4.5 Caracterização mineralógica das argilas	45
4.5.1 Difractometria e fluorescência de raios-X	45
4.5.2 Teor de matéria orgânica	49
4.5.3 Teor de carbonato de cálcio	49
5. CONCLUSÕES	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Perfil esquemático das margens continentais.	07
Figura 02: Perfil fisográfico da plataforma continental brasileira (modificado).	08
Figura 03: Fisiografia do talude continental.	10
Figura 04: Fisiografia do talude continental na área em estudo.	11
Figura 05: Modelo digital da morfologia da região da margem continental Noroeste-Natal.	12
Figura 06: Ilustração dos sedimentos superficiais da plataforma continental brasileira.	15
Figura 07: Tipos de sedimentos encontrados nas zonas submersas oceânicas. No talude continental pode-se identificar a presença de “mud” (lama).	16
Figura 08: Fluxograma metodológico.	21
Figura 09: Testemunhadores pontuais.	24
Figura 10: Representação de coleta de testemunho.	25
Figura 11: Testemunhador a pistão do navio FUGRO ODISSEY.	26
Figura 12: Processo de abertura do testemunho.	27
Figura 13: Mosaico de fotografias caracterizando o uso dos equipamentos utilizados na Difratomia e Fluorescência de raio-X.	30
Figura 14: Mosaico de fotografias caracterizando o uso dos equipamentos utilizados no processo de obtenção do teor de matéria orgânica, onde as amostras são colocadas em <i>erlenmeyer</i> para serem analisadas no laboratório.	32
Figura 15: Mosaico de fotografias caracterizando o uso dos equipamentos utilizados no processo de obtenção do teor de CaCO ₃ , onde as amostras são colocadas no calcímetro de Bernard para serem analisadas no laboratório.	34
Figura 16: Batimetria da área de estudo com a localização do testemunho SIS-134.	38
Figura 17: Topo do testemunho SIS-134.	40
Figura 18: Meio do testemunho SIS-134.	42

Figura 19: Base do testemunho SIS-134.	44
Figura 20: Identificação de todos os parâmetros analisados no testemunho SIS-134.	51

LISTA DE MAPAS

Mapa 01: Mapa de localização da área de estudo.	04
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Percentual granulométrico do testemunho SIS 134.	45
Gráfico 02: Difratoograma da amostra do topo do testemunho SIS 134.	46
Gráfico 03: Difratoograma da amostra do meio do testemunho SIS 134.	46
Gráfico 04: Difratoograma da amostra da base do testemunho SIS 134.	47
Gráfico 05: Composição química da amostra do topo do testemunho SIS 134.	47
Gráfico 06: Composição química da amostra do meio do testemunho SIS 134.	48
Gráfico 07: Composição química da amostra da base do testemunho SIS 134.	48
Gráfico 08: Teor de matéria orgânica do testemunho SIS-134.	49
Gráfico 09: Teor de carbonato de cálcio do testemunho SIS-134.	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação dos sedimentos.	14
Tabela 2: Distâncias interplanares características.	31

LISTA DE ABREVIATURAS

ANP	Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustíveis
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CIPP	Complexo Industrial Portuário do Pecém
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GPS	<i>Global System Position</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INPH	Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LABOMAR	Instituto de Ciências do Mar
LGCO	Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica
LGMA	Laboratório de Geologia Marinha Aplicada
N.M.	Nível do Mar

1. INTRODUÇÃO

Com a diminuição dos recursos minerais sobre as terras continentais emersas para atender à demanda do desenvolvimento econômico da sociedade moderna faz com que os ambientes oceânicos, mais precisamente as margens continentais submersas representem importante área para mineração no planeta Terra, pois os recursos minerais marinhos não só no Brasil, mas em todo mundo, estão se tornando recursos estratégicos para a economia do seu país de origem.

Segundo Cavalcanti (2011), a exaustão das reservas de areia próximas das regiões metropolitanas costeiras, a contaminação das fontes de material pela poluição, as crescentes restrições ambientais para a mineração de agregados nos canais e planícies de inundação dos rios tornam o agregado marinho uma alternativa bastante atrativa para substituir aqueles extraídos de fontes continentais e ter papel importante na demanda nacional de agregados, situação esta que já ocorre em vários países do mundo.

Cerca de 70% da superfície terrestre encontra-se abaixo do nível do mar, sendo ainda relativamente pouco conhecida. Entre esses ambientes marinhos existe a margem continental que separa os domínios continentais dos oceânicos, representando uma zona de transição entre a crosta continental e a oceânica. A mesma é constituída pela plataforma continental, talude continental, elevação continental, sopé continental e fossas ativas, além das planícies costeiras (VITAL et al., 2005).

O talude continental, objeto de estudo dessa pesquisa, é definido por Palma (1984) *apud* Campos (1992) como uma encosta estreita que se inclina da borda da plataforma continental até profundidades que variam regionalmente, condicionadas por diferenças no regime de sedimentação e por feições estruturais específicas, tal como o *guyot* do Ceará.

Este também é conhecido como sendo a porção dos fundos marinhos com declive muito pronunciado que fica entre a plataforma continental e a planície abissal, sendo caracterizado por um gradiente topográfico acentuado onde são

geradas, com frequência, correntes de turbidez formados por sedimentos de origem terrígena (TESSLER & MAHIQUES, 2000).

Neste contexto, é nesta porção marinha que são encontrados os turbiditos, que são sedimentos originados em ambientes sub-aquáticos de taludes continentais com correntes de turbidez. Os turbiditos são sedimentos cujo tamanho dos grânulos variam desde seixos, até as frações síltico-argilosas, com o tamanho de grão dominante sendo o de arenito médio e fino. É comum os turbiditos formarem sequências de deposição de sedimentos finos a médios, com estratificação rítmica e gradacional, mas um turbidito pode estar representado por apenas uma camada. Estes sedimentos se depositam nos contextos de talude e bacia, formando canais e lobos (WINGE, 2001).

Também no talude continental, conforme Mendes (1992) são encontrados sedimentos finos originários de fatores gravitacionais, tendo como principais os processos de transporte como correntes de turbidez, corridas de lama, fluxo de sedimentos liquefeitos, fluxos granulares e deslizamentos. Com exceção do último citado, esses processos classificam-se como fluxos gravitacionais. Dessa forma é encontrada na área em sua maioria, sedimentos muito finos como silte e argila.

O termo argila de acordo com Santos (1989) se refere às partículas minerais muito pequenas, com tamanho menor que 0,004 mm, constituintes de sedimentos (material não consolidado) e rochas sedimentares (consolidadas). Alguns minerais ocorrem tipicamente com as dimensões da argila, sendo denominados argilominerais, destacando-se os grupos das illitas, caulinitas, esmectitas e vermiculitas.

As argilas possuem diversas aplicações industriais, como na cerâmica, cimento, abrasivos, isolantes elétricos, térmicos, acústicos, siderurgia, tintas e vernizes, produtos asfálticos, defensivos agrícolas, lubrificantes, cosméticos, sabões, velas e sabonetes, ornamentação, entre outros (GUGGENHEIM & MARTIN, 1995). A importância econômica e social destas argilas é muito grande, principalmente por estarem relacionadas com a indústria da construção civil.

Torna-se necessário repensar também nas formas de extração mineral, quer seja no continente, quer seja em áreas submersas, pois Cavalcanti (2011), já afirma que a extração mineral se reverte em benefícios para sociedade, contudo, como qualquer outra atividade terrestre ou marítima também causa impacto ao meio ambiente. O desafio nessa visão exploratória é de conciliar o conflito entre benefícios sociais e impactos ambientais da mineração marinha, ou seja, até que ponto a mineração no mar é sustentável.

Logo, esta pesquisa tem sua importância de transformar as zonas submersas do planeta em áreas de importantes estudos voltados para mineração, pois como já foi citado, o uso crescente dos recursos naturais continentais em todo o globo para suprir a necessidade das atividades humanas acarretará na escassez destes, obrigando o homem a buscar novas áreas alternativas que preencham tal necessidade.

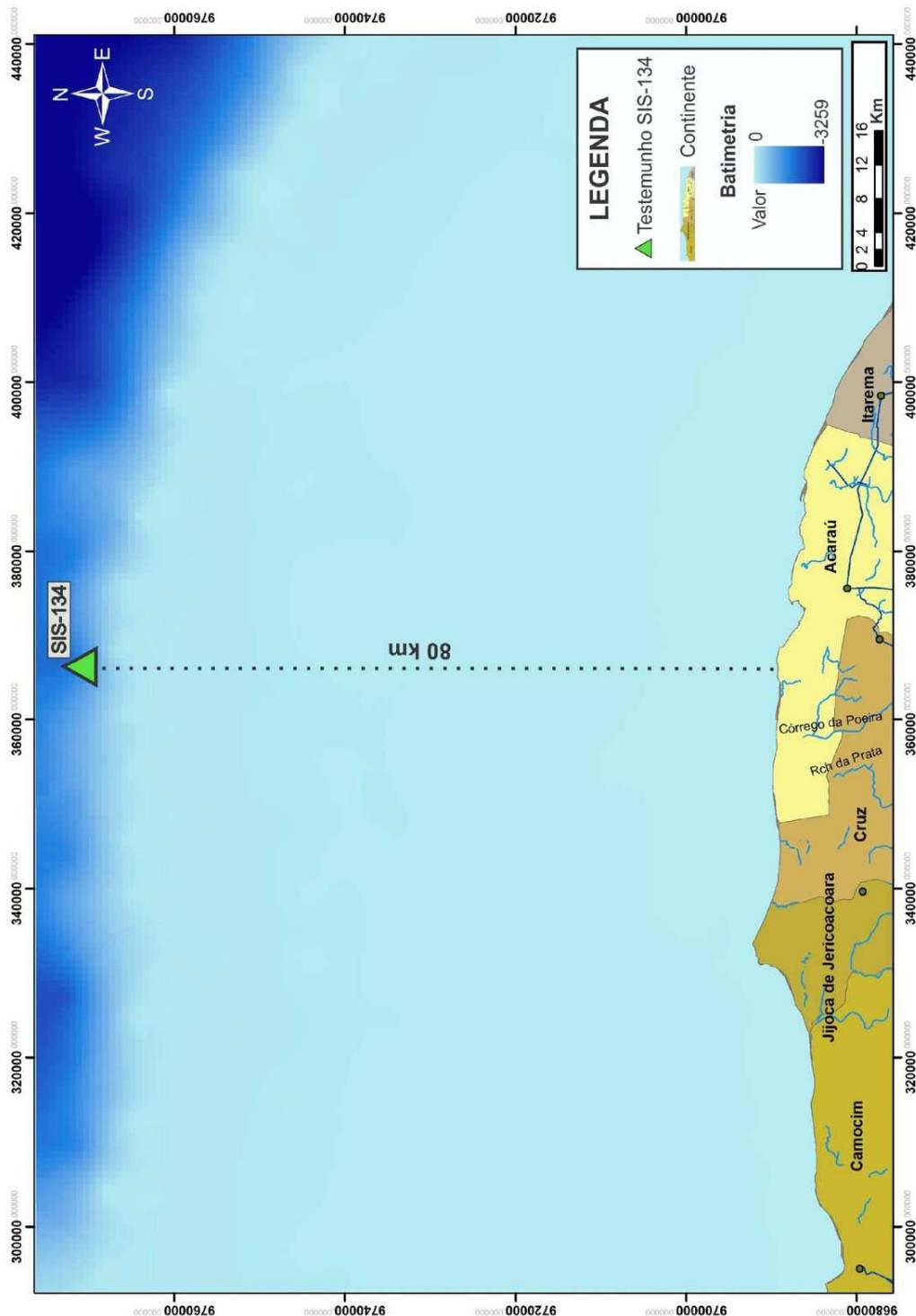
Vital et al. (2005) já confirmavam a importância das zonas submersas para a mineração em seus estudos, na busca de identificar o potencial mineral destas a fim de suprir a escassez dos recursos continentais brasileiros, numa pesquisa estratégica, mas que ainda carece de articulação de pessoas, equipamentos e meios flutuantes para tal análise mais aprofundada da área.

Dessa forma, está sendo realizado um levantamento geológico, através de testemunhagens pela ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis), para o mapeamento do talude continental do estado do Ceará, na busca de identificar zonas susceptíveis a ocorrência de petróleo, contribuindo assim para o conhecimento destas zonas submersas.

O objetivo principal da pesquisa foi de caracterizar o talude continental, de acordo com sua cobertura sedimentar, sendo descrita quanto à textura, cor, composição e, mais especificamente, matéria orgânica e carbonato de cálcio, e coesão dos grãos. Em nossos objetivos específicos buscou-se identificar nos sedimentos a presença de argilominerais, gerando um banco de dados destes encontrados na área, além da confecção de gráficos de isotores e de determinação semi-quantitativa da amostra bruta do sedimento.

1.1 Localização da área de estudo

A área de estudo está localizada na porção oeste do talude continental do estado do Ceará, entre o litoral de Camocim e Acaraú, a 80 km da costa, com profundidades variando entre 1000 e 2500 m, com limites nas coordenadas 9768704 N/ 305603 S e 9782371 N/ 372748 S (Mapa 01).



Mapa 01: Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Próprio autor.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O intuito desta pesquisa é identificar os minerais argilosos localizados no talude continental oeste do Ceará e gerar subsídios para uma melhor compreensão desta área submersa. O referencial teórico será apresentado tendo por base fundamental a morfologia do talude continental e os sedimentos marinhos encontrados nessa região, com suas características e importância econômica.

Vale ressaltar que existe um vínculo imprescindível deste capítulo junto à metodologia, que apresentará os métodos que foram utilizados e explicitados neste capítulo, para assim se obter os resultados necessários para o desenvolvimento e conclusão da pesquisa.

2.1 Caracterização fisiográfica do Talude Continental

2.1.1 Aspectos geológico-geomorfológicos

Devido à área de estudo localizar-se no talude continental se torna clara a necessidade da compreensão da caracterização morfológica e geológica da zona continental submersa, isto é, da margem continental.

2.1.1.1 Margem continental

As margens continentais constituem-se em unidades de transição entre os continentes e as bacias oceânicas e são consideradas, do ponto de vista geológico, prolongamentos das plataformas continentais que se localizam abaixo do nível dos oceanos (TESSLER; MAHIQUES, 2003; BATISTA NETO; SILVA, 2004).

Em termos morfotectônicas, Batista Neto e Silveira (2004) subdividem a margem continental brasileira em dois grandes setores: Equatorial e Leste-Sudeste-Sul. Tessler e Mahiques (2003) consideram uma divisão em cinco

grandes compartimentos: Norte, Nordeste, Leste ou Oriental, Sudeste ou das Escarpas Cristalinas e Sul. Entretanto, Zembruski et al. (1972) e Palma (1984), considerando suas características morfológicas, subdividem a margem continental brasileira em três grandes setores: Norte, Nordeste-Leste e Sudeste-Sul.

De acordo com Zembruski et al. (1972), o setor Norte-Nordeste compreende uma área que vai da baía de São Marcos (MA) ao cabo São Tomé, no Rio de Janeiro (RJ), com área estimada de 845.000 km e distinguindo-se dos outros setores pela complexidade de seu relevo, resultado de atividades vulcânicas e tectônicas intensas. Segundo os autores, apresenta uma topografia acidentada, com quebras bruscas de gradientes que proporcionam a presença de terraços, platôs e formas topográficas salientes. Possui diversos montes submarinos que ocupam, principalmente, o talude e o sopé continentais (ZEMBRUSKI et al., 1972).

As margens continentais representam 20% do total da área ocupada pelos oceanos (KENNETT, 1982) e podem ser agrupadas em dois tipos principais, de acordo com sua morfologia e evolução tectônica: as margens do “tipo Atlântico” (Passivas ou divergentes – são mais extensas e estáveis, caracterizando-se pelo considerável acúmulo de sedimentos) e do “tipo Pacífico” (Ativas ou convergentes – são mais estreitas e com intensa atividade tectônica de vulcanismo e terremotos, dobramentos, falhamentos e outros processos geomorfológicos).

De acordo com Baptista Neto et al. (2004) a margem continental brasileira é do “tipo Atlântico”, sendo caracterizada por ter grande extensão, apresentar estabilidade tectônica e possuir espessas camadas sedimentares. Já para Martins et al. (1972) a margem continental do Ceará situa-se na borda oeste do oceano Atlântico Equatorial, abrangendo uma faixa de extensão de aproximadamente 324 mn (milhas náuticas), com largura de 230 a 320 mn (milhas náuticas).

Baptista Neto et al. (2004) ainda afirmaram que a margem continental apresenta três províncias fisiográficas distintas, definidas principalmente por variações do gradiente batimétrico: a plataforma continental, o talude continental,

objeto de estudo dessa pesquisa que será abordado posteriormente e a elevação ou sopé continental.

Segundo Tessler & Mahiques (2000), as margens continentais representam a zona de transição entre os continentes e as bacias oceânicas e, do ponto de vista geológico, fazem parte do continente, muito embora se situem abaixo do nível do mar (Figura 01).

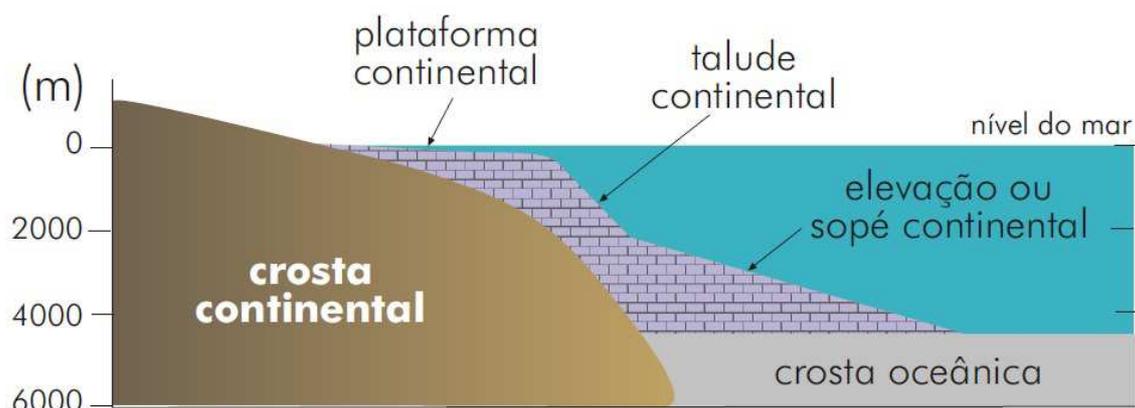


Figura 01: Perfil esquemático das margens continentais, mostrando as três províncias fisiográficas do tipo passiva.

Fonte: Teixeira (2000).

Shepard (1973) definiu a plataforma continental como uma plataforma continental submarina rasa ou terraço que circunda a maioria dos continentes. O seu limite exterior apresenta uma forma de quebra em declive a qual designou de quebra ou borda externa da plataforma continental.

Para Coutinho (1996), a plataforma continental constitui a faixa mais rasa que circunda a maioria dos continentes, tendo a configuração de tabuleiro ou terraço, e termina em direção ao mar com um aumento acentuado da inclinação denominado "quebra da plataforma", que marca o limite externo da plataforma continental. Possui a superfície plana, quase horizontal, suavemente inclinada mar adentro, estando a uma profundidade média de quebra em torno de 130 m. A plataforma continental representa o prolongamento do próprio continente e devido a sua importância econômica e estratégica é a província oceânica mais estudada.

Palma (1984) por meio dos seus estudos caracterizou a plataforma continental do Ceará como uma superfície relativamente plana, cujas feições do seu relevo foram moldadas pelo arranjo de componentes móveis da cobertura sedimentar inconsolidada, em busca do equilíbrio na interface água-sedimento de fundo (Figura 02).

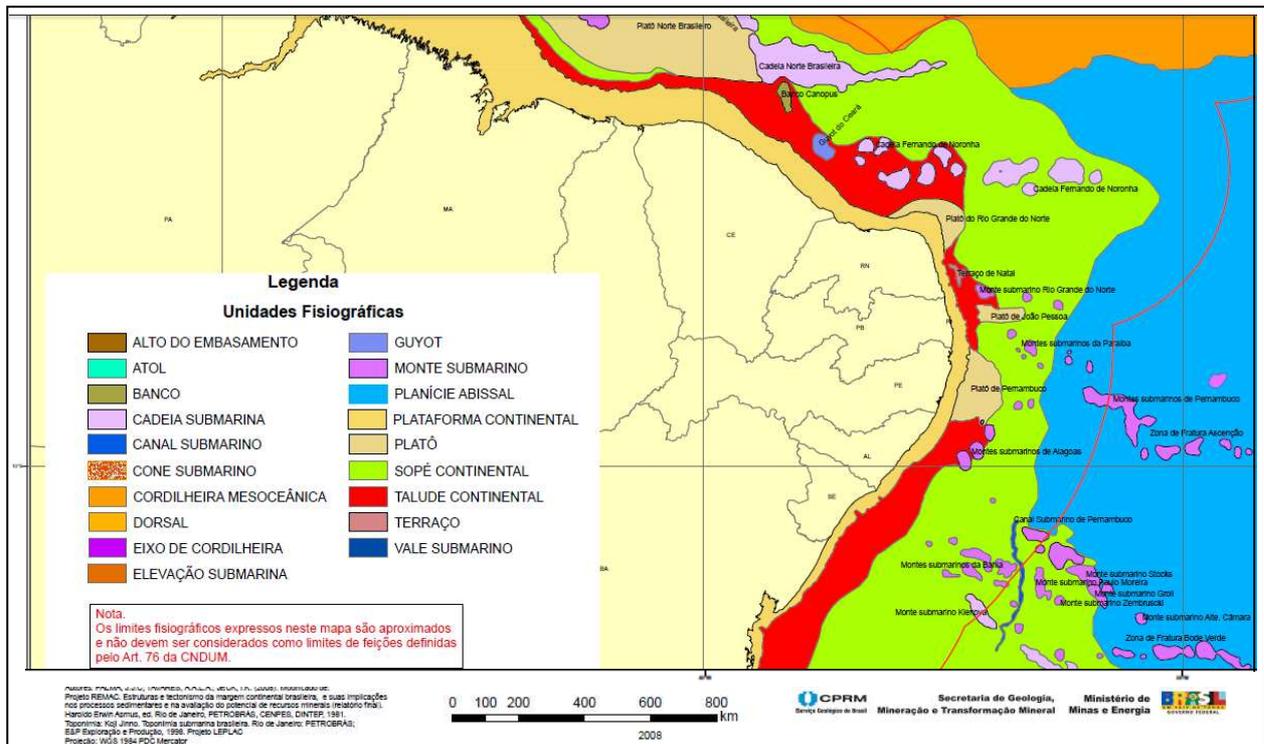


Figura 02: Perfil fisiográfico da plataforma continental brasileira (modificado).
Fonte: CPRM e REMPLAC (2008).

De acordo com Martins & Coutinho (1981) *apud* Silva Filho (2004), o nível médio de mar baixo correlativo ao último máximo glacial (22.000 a 14.000 anos A.P. - Glaciação Wisconsin, Würn ou Weichselian), ficou em torno de -120m. Nessa época, desenvolveu-se uma extensa planície costeira sobre a plataforma atual, com a instalação de sistemas fluviais meandrantos, estuários, terraços marinhos, manguezais, planícies de maré, lagoas, lagoas e campos de dunas. Afirma ainda, que com as mudanças no nível de base regional foram retomados os processos morfogenéticos na região costeira, diretamente relacionados com significativo influxo sedimentar direto na plataforma continental descoberta durante o evento (MEIRELES & RAVENTOS, 2002).

A quebra da plataforma continental do Ceará, segundo Silva Filho (2004) *apud* Freire (1985), fica por volta de uns 60 m de profundidade e, não se faz em um ponto, porém em uma zona de quebra. A oeste de Fortaleza, a zona de quebra é mais larga, com um estreitamento progressivo até a altura daquela cidade. A leste de Fortaleza, a zona de quebra apresenta-se mais estreita e com uma declividade mais acentuada.

No final da margem continental encontra-se o sopé continental, que consiste numa camada espessa de sedimentos (areia e lama) que se estende desde o talude continental até as profundezas do leito oceânico, mais de 4.000 metros abaixo da superfície, onde predominam depósitos de turbiditos. Sua largura pode variar de 100 a 1.000 km, caracterizando-se pelo gradiente suave que varia de 1:400 a 1:800, com média de 1:150, e decrescendo mar adentro; essa característica dificulta a determinação do seu limite com as planícies oceânicas (grande fundo oceânico) (BATISTA NETO; SILVA, 2004).

Palma (1984) considerou este ambiente como a província mais extensa da margem continental brasileira, sendo constituída pela superfície de uma cunha de sedimentos que se inclina desde a base do talude continental até o início da planície abissal, cujas profundidades variam de 2000 a 3350 m junto à base do talude continental, até cerca de 4200 a 4800 m no limite sopé-fundo da bacia oceânica.

O mesmo autor subdividiu o sopé continental do Ceará em duas partes: uma superior, de morfologia constituída por colinas baixas e arredondadas e uma inferior, de relevo plano composto por planícies lisas ou levemente onduladas, geradas por deslizamentos e desmoronamentos no talude continental. Dessa forma verifica-se que o sopé continental possui trechos com características peculiares.

2.1.1.1.1 Talude continental

Pode-se entender o talude continental como sendo o fim do continente, onde há o encontro da crosta continental com a crosta oceânica, formando

desníveis de profundidade variável, que chegam a atingir 3.000 m. As fossas marinhas são depressões abissais que aparecem abaixo do talude, em zonas de encontro de placas tectônicas (WEINE, 1988).

No entanto, Fairbridge (1966) considerou que o talude continental delimita a borda estrutural do continente, estando situado sobre a zona de transição entre a espessa crosta continental e a delgada crosta oceânica. Considerou ainda que a sua inclinação média é de 1/75 ou 4°, sendo o seu limite inferior arbitrariamente estabelecido em um ponto onde o gradiente se suaviza para 1/40. Sua largura varia geralmente entre 20 a 100 km, e sua profundidade varia entre 100 e 200 m, para a quebra superior e 1400 a 3200 m para a quebra inferior (Figura 03).

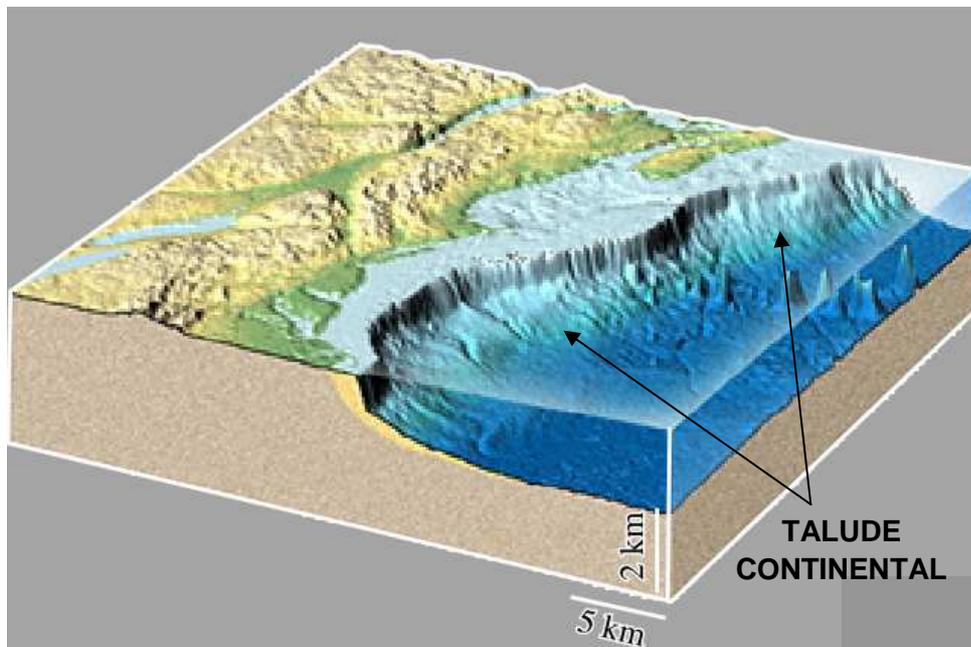


Figura 03: Fisiografia do Talude continental.
Fonte: AGI (1999) – American Geological Institute.

Já para Tessler & Mahiques (2000), o talude continental constitui uma unidade de relevo, de constituição sedimentar, que se inclina de forma acentuada até profundidades da ordem de 3.000 m, a qual já retorna a um relevo mais homogêneo. Vale ressaltar que o relevo do talude continental não é homogêneo, ocorrendo quebras de declividade e também frequentemente cânions e vales submersos.

Suguio (1998) asseverou que o talude continental é a parte da margem continental com gradiente superior a 1:40, delimitada entre a parte externa da plataforma continental e a parte que exhibe rápido decréscimo na declividade, situada entre 1373 e 3050 m, onde se inicia o sopé continental.

Segundo Palma (1984) o talude continental é considerado como uma encosta estreita que inclina na borda da plataforma continental até profundidades que variam regionalmente, condicionadas com diferenças no regime de sedimentação e por feições estruturais específicas. Exemplos disso pode-se ver no *guyot* do Ceará, nos quais os declives do talude se apresentam em níveis menos inclinados ou até subhorizontais (Figura 04).



Figura 04: Fisiografia do talude continental na área em estudo.
Fonte: *Google Earth* (2012).

Guazelli et al. (1977) *apud* Campos (1992) evidenciaram um processo de deposição através de correntes de turbidez no talude continental inferior e no terraço do Ceará através de amostras de lamas hemipelágicas coletadas nesta região. Damuth & Palma (1979) reconheceram que no talude da margem continental do Ceará ocorre desmoronamentos de sedimentos mais recentes, ocasionados por massas de grandes dimensões que se sobrepõem ao sopé continental.

Para Zembruski et al. (1972), apud Oliveira et al. (2009) conforme o relevo, a declividade e a largura, o talude continental no setor cearense pode ser caracterizado como o trecho Noroeste-Natal, onde o relevo mantém-se regular, com largura razoavelmente constante, caracterizando-se pela presença dos platôs do Ceará e Rio Grande do Norte e dos montes submarinos que atingem até 1.000 metros de altitude em relação ao fundo circunvizinho. O limite inferior do talude pode atingir profundidades de 2.400-2.500 metros e as escarpas dos platôs do Ceará e Rio Grande do Norte atingem maiores profundidades, de 2.600 a 3600 m, respectivamente (Figura 05).

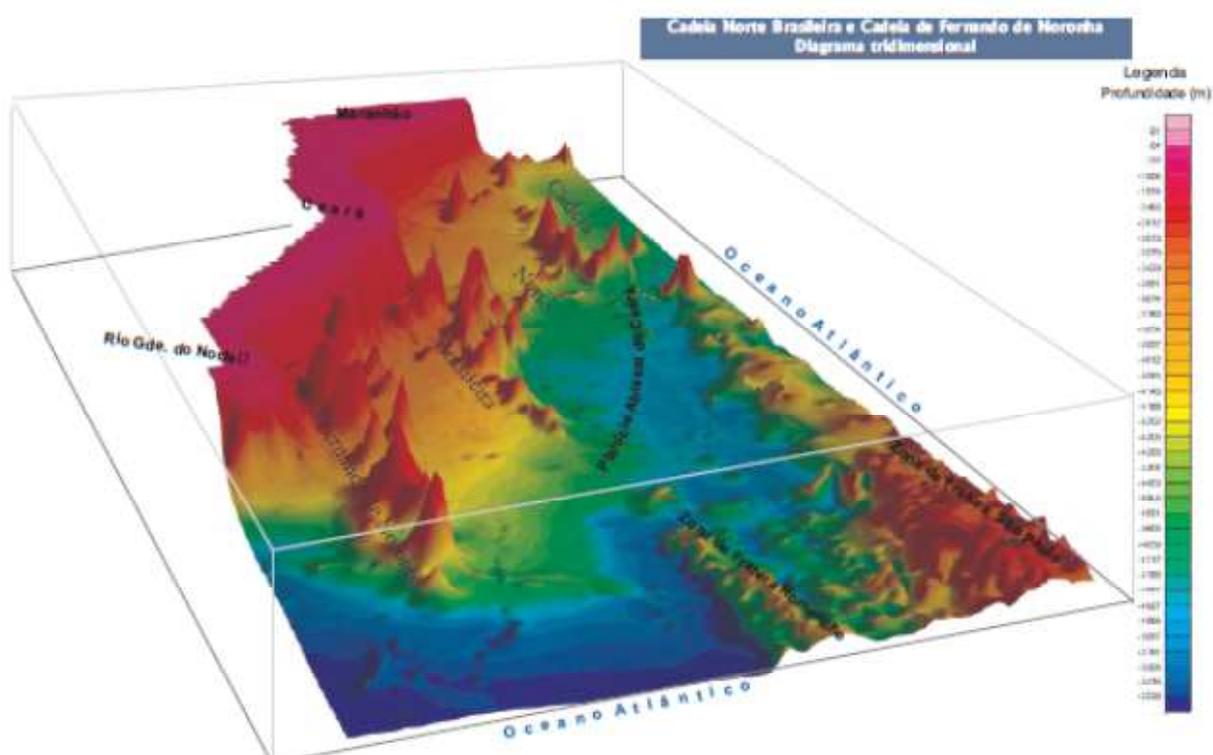


Figura 05: Modelo digital da morfologia da região da margem continental Noroeste-Natal. Fonte: IBGE (2011).

Todavia, devido à localização do talude continental dentro da margem continental, têm-se poucos estudos que caracterizem seus sedimentos. Entretanto, Emery (1965), afirmou que os dados da superfície do leito marinho são muito restritos em relação à topografia e ao seu sedimento, os quais são de grande uso para realização de inferências sobre a história recente e pleistocênica.

O mesmo autor propôs que os sedimentos em um ambiente diferenciado comumente exibem uma diminuição do tamanho do grão com o afastamento da

costa, exceto para um depósito secundário próximo a quebra de plataforma continental. No talude continental, contudo, a matéria orgânica alcança um pico de abundância, pois a taxa de deposição de detritos sílticos e argilosos é mais lenta do que a da matéria orgânica. A matéria orgânica não é muito diluída e ainda é acrescida rapidamente, antes que venha a sofrer oxidação. A preservação é ainda auxiliada pela profundidade moderada e pela água que é supersaturada de oxigênio (EMERY, 1965).

2.2 Cobertura sedimentar

Os sedimentos são produzidos pela decomposição da rocha (intemperismo) e são movidos através do ar, da água ou do gelo. Os sedimentos também podem se formar pela acumulação de conchas de organismos mortos. Portanto, o sedimento pode consistir de partículas minerais ou fósseis, e os dois tipos podem ser encontrados em muitos lugares no fundo do mar (PINET, 2006).

2.2.1 Sedimentos Marinhos

Os sedimentos marinhos são conhecidos por se formarem através de depósitos de sedimentos terrígenos em áreas de bacias oceânicas. Devido à distância das zonas submersas profundas para a costa, os sedimentos vão se modificando por meio de sua granulometria, ou seja, quanto maior o sedimento, mais difícil torna-se seu transporte (MENDES, 1992).

A origem dos sedimentos encontrados no talude parece dever-se principalmente a gravidade. Supõe-se que os principais processos de transporte por influência da gravidade sejam os seguintes: correntes de turbidez, corridas de lama, fluxo de sedimentos liquefeitos, fluxos granulares e deslizamentos. Com exceção do último citado, esses processos classificam-se como fluxos gravitacionais (MENDES, 1992). Logo, os sedimentos destas zonas são formados quase que exclusivamente por argilas transportadas em suspensão através de correntes de turbidez.

Conforme Suguio (1998), correntes de turbidez são correntes de alta turbulência e de densidade mais alta do que da água circundante, contendo até materiais bastante grossos, que se movem através do fundo de um corpo aquoso, como por exemplo, ambientes de talude continental, onde são originados em declives suaves, de apenas alguns graus de inclinação, podendo ser iniciado por deslizamento brusco de material recém-depositado.

De acordo com Pinet (2006) o primeiro passo para classificar sedimentos é estabelecer critérios para definir categorias sedimentares. Estes sedimentos podem ser subdivididos em função do tamanho das suas partículas (tamanho de grão) ou com base no seu modo de como estes foram depositados. No primeiro caso, a classificação depende de uma medição do tamanho das partículas; no segundo caso, a classificação requer uma interpretação da origem do depósito (Tabela 01).

TABELA 1: ESCALA DE CLASSIFICAÇÃO SEDIMENTAR DE WENTWORTH (1922)		
Sedimentos	Valor em Ø	Valor em mm
Seixos	-2,0	4,000
Grânulos	-1,5	2,830
	-1,0	2,000
Areia Muito Grossa	-0,5	1,410
	0,0	1,000
Areia Grossa	0,5	0,710
	1,0	0,500
Areia Média	1,5	0,354
	2,0	0,250
Areia Fina	2,5	0,177
	3,0	0,125
Areia Muito Fina	3,5	0,088
	4,0	0,062
Silte	4,5	0,0039
Argila	5,0	0,0002

Tabela 01: Classificação dos sedimentos.
Fonte: Pinet (2006).

Diversas fontes compõem o sedimento do fundo marinho os quais podem ser: autigênicos (precipitados de sais a partir da água do mar); biogênicos (conchas de organismos); terrígenos (materiais provenientes da descarga de rios); vulcanogênicos (produtos orgânicos e hidrotermais) e cosmogênicos,

(fragmentos cósmicos, atraídos pela gravidade terrestre) (Figura 06). Esses sedimentos podem fazer parte da plataforma continental bem como do talude continental e sopé continental, mas predominios podem ocorrer, como por exemplo a ocorrência de partículas biogênicas em assoalhos de bacias oceânicas, onde o ingresso de material terrígeno é limitado (TESSLER & MAHIQUES, 2000).

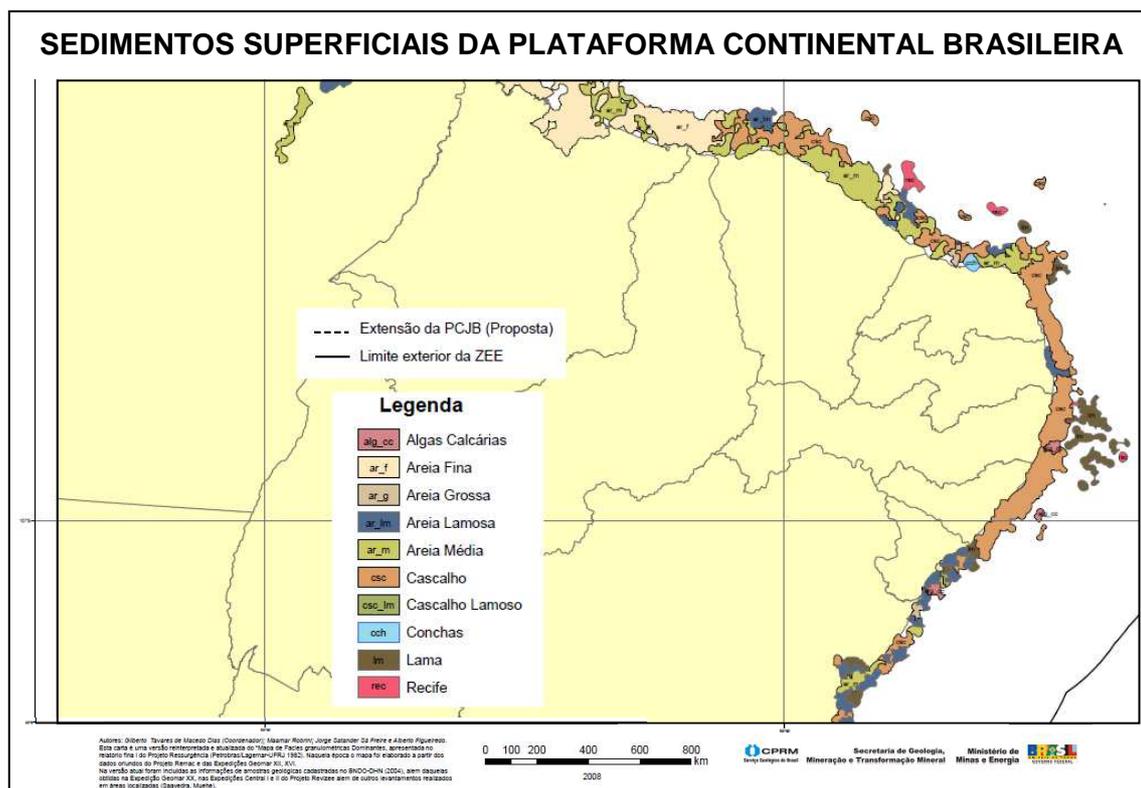


Figura 06: Ilustração dos sedimentos superficiais da plataforma continental brasileira. Fonte: CPRM e REPLAC (2008).

Para Suguio (1998), os sedimentos marinhos têm seu material composto, de minerais resultantes do acúmulo pela ação marinha em regiões litorâneas ou em mares profundos. Frequentemente este tipo de depósito aparece acima do nível atual do mar em virtude de flutuações de nível relativo do mar devidas a movimentos verticais das áreas continentais e oceânicas.

Já para Tessler & Mahiques (2000), grande parte dos depósitos sedimentares marinhos é composta por um tipo predominante ou misturas variadas de sedimentos originários de fontes diversas, onde ao longo das

margens continentais, estão depositadas predominantemente as partículas terrígenas, transportadas para o meio marinho na forma de sedimentos transportados por tração (grânulos, areias grossas e médias) ou suspensão (siltes, argilas) (Figura 07).

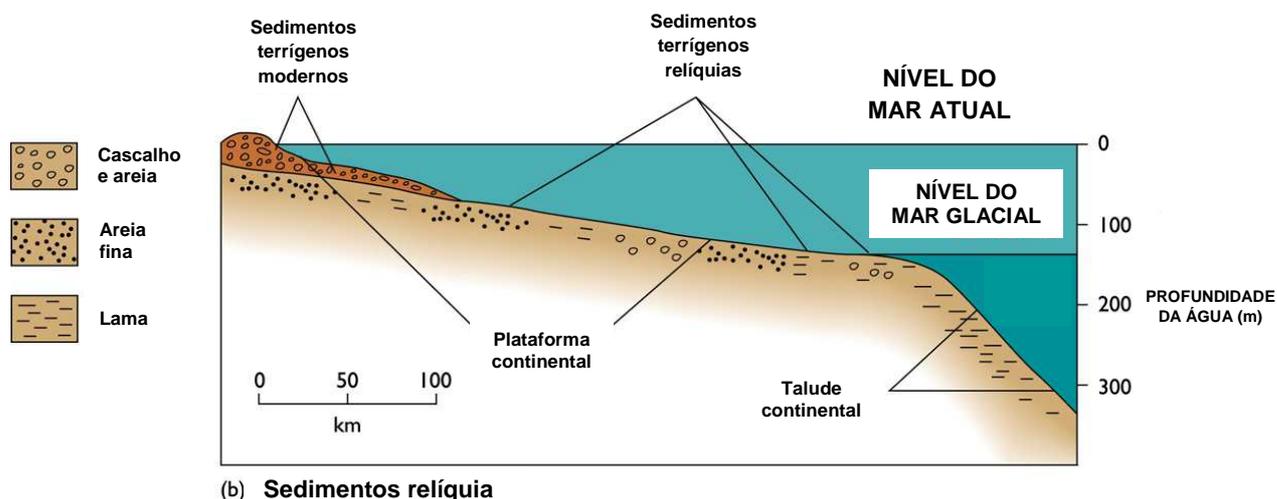


Figura 07: Tipos de sedimentos encontrados nas zonas submersas oceânicas. No talude continental pode-se identificar a presença de “mud” (lama).
Fonte: Adaptado de Pinet (2006).

Com o conhecimento dos tipos de movimentos de transporte sedimentar existente na plataforma continental que podem se manifestar, por conseguinte, no talude continental, dependendo da sua profundidade e da força desses movimentos, tenta-se identificar e comparar se a ocorrência destes ou não nessa região através de pesquisas já realizadas próximas a área de estudo, como os resultados obtidos por Freire & Cavalcanti (1998), que identificaram na plataforma continental a oeste de Fortaleza a predominância de depósitos sedimentares constituídos, por fragmentos de algas coralíneas do gênero *Lithothamnium*, seguidos de conchas de moluscos e briozoários, rodolitos e restos de *Halimeda* e, em menor parte, os depósitos siliciclásticos.

2.2.1.1 Argilas

Conforme os comitês de nomenclatura da AIPEA (*Association Internationale pour l'Etude des Argiles*) e CMS (*Clay Minerals Society*), o termo

argila refere-se a um material de ocorrência natural, o qual é composto, primariamente, por minerais de granulometria fina, os quais são plásticos com o apropriado teor de água e que endurecem quando secos ou calcinados (GUGGENHEIM & MARTIN, 1995).

A argila é definida por Santos (1989) como um sedimento finamente dividido, possuindo elevado teor de partículas com diâmetro equivalente abaixo de 2 μm . É constituído essencialmente de argilominerais, podendo conter minerais que não são considerados argilominerais (calcita, dolomita, quartzo, mica e pirita).

As argilas na presença de água desenvolvem uma série de propriedades devido aos argilominerais, tais como: plasticidade, resistência mecânica a úmido, retração linear de secagem, compactação, tixotropia e viscosidade de suspensões aquosas (SANTOS, 1989). Para Gomes (1988), a argila caulínica apresenta uma menor quantidade de óxidos fundentes, provocando a formação da fase líquida de modo mais lento e em menor quantidade, possibilitando assim uma densificação mais homogênea das peças, sem deformações.

Santos (1975) apresentou em seu livro “Tecnologia de Argilas” um glossário dos tipos de argilas entre as quais se destacam:

- **Argila natural:** É uma argila que foi extraída e limpa, e que pode ser utilizada em seu estado natural, sem a necessidade de adicionar outras substâncias.
- **Argila refratária:** Argila que adquire este nome em função de sua qualidade de resistência ao calor.
- **Chulim ou argila da china:** Argila primária, utilizada na fabricação de massas para porcelanas.
- **Argilas de bola (*Ball-Clay*):** São argilas secundárias muito plásticas, de cor azulada ou negra, apresentam alto grau de contração tanto na secagem quanto na queima.

- **Argilas para cerâmica:** Argila de grão fino, plástica, sedimentária e refratária - que suporta altas temperaturas.
- **Argilas vermelhas:** São plásticas com alto teor de ferro resistem a temperaturas de até 1100° C, porém fundem em uma temperatura maior e podem ser utilizadas com vidrados para grês.
- **Bentonita:** Argila vulcânica muito plástica que contém mais sílica do que alumínio se origina das cinzas vulcânicas (Gomes, 1988).

A argila origina-se da desagregação de rochas, que contém feldspato, seja por ataques químicos ou físicos. Podem ser classificadas como primárias ou secundárias. As primeiras são formadas no mesmo local da rocha original. Possuem partículas mais grossas e com coloração mais clara, são pouco plásticas, porém de grande pureza. Argilas secundárias são definidas como as que têm sido transportadas para longe da rocha de origem, seja pela água ou pelo vento. Essas argilas são mais finas e plásticas que as primárias (MILLOT, 1964).

2.2.1.1.1 Argilas de ambientes marinhos

De acordo com Gomes (1988), existe um modelo de distribuição global dos minerais argilosos no fundo dos mares e oceanos que reflete claramente a sua relação com o clima e a sedimentação terrígena. Contudo, Pinet (2006) ressaltou que mesmo na terra, rochas de origem marinha são comuns, porque os mares invadiram a terra no passado geológico. Estas rochas sedimentares marinhas constituem mais de 50% dos afloramentos na Terra e no registro da existência de mares que secaram há muito tempo. Portanto, antes de examinar alguns dos fatores que determinam os padrões e as taxas de deposição de sedimentos marinhos, é necessário que se diferencie os tipos de sedimentos, para assim determinar sua granulometria.

Estudos realizados no "*Deep Sea Drilling Project*" em sedimentos de mares profundos atestam a origem continental da maioria dos seus minerais argilosos. Contudo, têm sido feitas referências à ocorrência de minerais argilosos

autigênicos com destaque para esmectitas, paligorskita e sepiolita (GOMES, 1988).

No talude continental, conforme Emery (1965) ocorre à presença de matéria orgânica que alcança um pico de abundância, pois a taxa de deposição de detritos silticos e argilosos é mais lenta do que a da matéria orgânica. A matéria orgânica não é muito diluída e ainda é acrescida rapidamente, antes que venha a sofrer oxidação. A preservação é ainda auxiliada pela profundidade moderada e pela água que é supersaturada de oxigênio.

2.2.1.1.2 Argilominerais

Em se tratando do material que compõe as argilas, Suguio (1998) afirmou que são minerais de granulação muito fina, cujas partículas exibem muitas vezes diâmetros inferiores a 2 microns, sendo compostos basicamente de Si, Al, Mg. Excluindo-se a paligorskita e a sepiolita, que se apresentam em forma de bastão, os outros argilominerais exibem comumente hábito placóide e são silicatos hidratados, que podem ser reunidos em grupos.

O mesmo autor ainda afirmou que devido às semelhanças das propriedades ópticas entre si, o tamanho reduzido e a frequente mistura de vários tipos de argilominerais dificultam ou até impossibilitam a identificação óptica pelos métodos convencionais.

De acordo com Luna & Schuchardt (1999) *apud* Mello et al. (2011) os argilominerais fazem parte da composição mineralógica dos solos, e designada como minerais secundários, e ocorre quando as modificações das rochas são causadas pelo intemperismo. Com isso, adquirem a capacidade de trocar íons, ou seja, têm íons fixados na superfície, entre as camadas e dentro dos canais do retículo cristalino.

Para Carrol (1970) os argilominerais são silicatos de Al, Fe e Mg hidratados, com estruturas cristalinas em camadas (são filossilicatos), constituídos por folhas contínuas de tetraedros SiO_4 , ordenados de forma

hexagonal, condensados com folhas octaédricas de hidróxidos de metais tri e divalentes. A maioria dos argilominerais, é constituída essencialmente por partículas (cristais) com algumas dimensões abaixo de 2 μ m. Os argilominerais são muitas vezes chamados de “silicatos em camadas” (“*layer silicates*”) e “filossilicatos”.

Alguns argilominerais segundo Santos (1989) podem conter uma fração com dimensões na faixa de 1 a 100 nm; essa faixa recebe o nome de nanométrica. Portanto, os termos de argila e argilomineral referem-se a materiais encontrados na natureza. Existem cerca de 40 argilominerais; somente poucos são constituintes das argilas industriais e das argilas especiais.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo da caracterização dos argilominerais das amostras coletadas no talude continental do litoral oeste do Ceará consiste desde o levantamento de dados em campo e em laboratório, a integração das informações (Figura 08), até a geração de produtos cartográficos representando a localização desses argilominerais, permitindo assim uma melhor compreensão da área.



Figura 08: Fluxograma metodológico.

Os estudos sobre o talude continental consistiram desde levantamentos bibliográficos, trabalhos de campo e de laboratório, com procedimentos que seguiram a metodologia descrita por Caddah (1991) *apud* Toledo (2000), na qual

alinha-se as seções do topo e da base do testemunho segundo os identificadores marcados a caneta no “*liner*” e serra-se os testemunhos em cilindro de 100 em 100 cm iniciando-se da base e seguindo para o topo.

As amostras foram coletadas pelo navio FUGRO ODYSSEY, na campanha de maio de 2012, a serviço da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Foi selecionada O testemunho SIS-134 dentro da malha amostral, contendo 12 amostras (topo, meio e base) de 30 cm, com profundidade de 1350 m. As amostras foram analisadas em laboratório e gerados gráficos dos resultados obtidos e gerados mapas em ambiente SIG.

3.1 Referencial bibliográfico e cartográfico

As atividades preliminares de gabinete consistiram de um levantamento bibliográfico e cartográfico junto às universidades e órgãos ligados aos estudos geológicos tais como: Instituto de Pesquisas Econômicas do Ceará (IPECE), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Universidade Federal do Ceará (UFC), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), dentre outros, que possibilitaram a aquisição de referencial teórico e fointerpretação da área.

Foram revisados também estudos contendo abordagens metodológicas para a definição, identificação e caracterização dos argilominerais. Tais estudos foram sintetizados em tabelas e organizados em métodos (diretos e indiretos) os quais foram úteis durante o desenvolvimento da metodologia aqui aplicada.

O levantamento cartográfico tornou-se um item fundamental na compreensão de padrões de organização do ambiente, no que se refere às áreas costeiras e oceânicas. Neste contexto, o sensoriamento remoto e a fointerpretação são técnicas bastante úteis, que permitem obter, em curto prazo, grande quantidade de informação com aplicação no planejamento regional e local.

A partir dessas técnicas foram utilizados dados batimétricos cedidos pelo Laboratório de Geologia Marinha Aplicada (LGMA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais

(CPRM). A correção das escalas foi calculada usando uma razão comparando a distância entre dois pontos de referência fixa em fotografias de escala conhecidas para a distância dos mesmos pontos de referência nas fotografias sem escala determinada, onde, após a análise foram gerados *overlays*, com registro da caracterização geológica da margem continental, bem como a localização dos pontos de amostragem.

Para a geração dos mapas foram padronizados em meio digital de acordo com os objetivos da pesquisa, a caracterização morfológica da área e utilizando programas como *Arcview Gis 9.3* e *Surfer 10*, onde foram gerados mapas para identificar a localização dos testemunhos.

Após todos os estudos foi realizada a integração dos resultados que foram obtidos durante os trabalhos de gabinete, campo e laboratório, para a identificação dos fatores responsáveis pelas transformações ambientais ocorrentes na área em estudo e além da compilação dos dados de forma a integrar a caracterização da área; a atuação dos processos sedimentológicos; a variação morfológica e a evolução geológica.

3.2 Trabalhos de campo

As amostras utilizadas no trabalho foram cedidas pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), de um mapeamento do talude continental do estado do Ceará. O testemunho foi coletado pelo navio FUGRO ODISSEY na campanha entre 30 de junho e 21 de julho de 2011 e posteriormente foi encaminhado ao Laboratório de Geologia Marinha Aplicada (LGMA).

De acordo com Figueiredo Jr. et al. (2001), a investigação do fundo oceânico para prospecção de bens minerais pode ser realizada de forma direta ou indireta. As formas indiretas são aquelas com as quais se podem obter informações do fundo marinho sem, no entanto ter em mãos amostra do material, como por exemplo, a sísmica, a sonografia e a batimetria. Tendo em vista que os métodos indiretos são mais expeditos e podem cobrir grandes áreas em pouco

tempo, estes, de maneira geral, são os primeiros a serem aplicados e servem para orientação da amostragem geológica que por sua vez é um método direto de investigação do fundo marinho, o qual utilizamos em nossa pesquisa.

Tais amostragens geológicas são obtidas de forma sub-superficial, as quais envolvem a coleta de sedimentos desde a superfície do fundo marinho até dezenas de metros. Para isto são empregados os testemunhadores pontuais (Figura 09), que são equipamentos pesados que têm como principal propriedade preservar a estratigrafia dos sedimentos (FIGUEIREDO JR. et al., 2001).

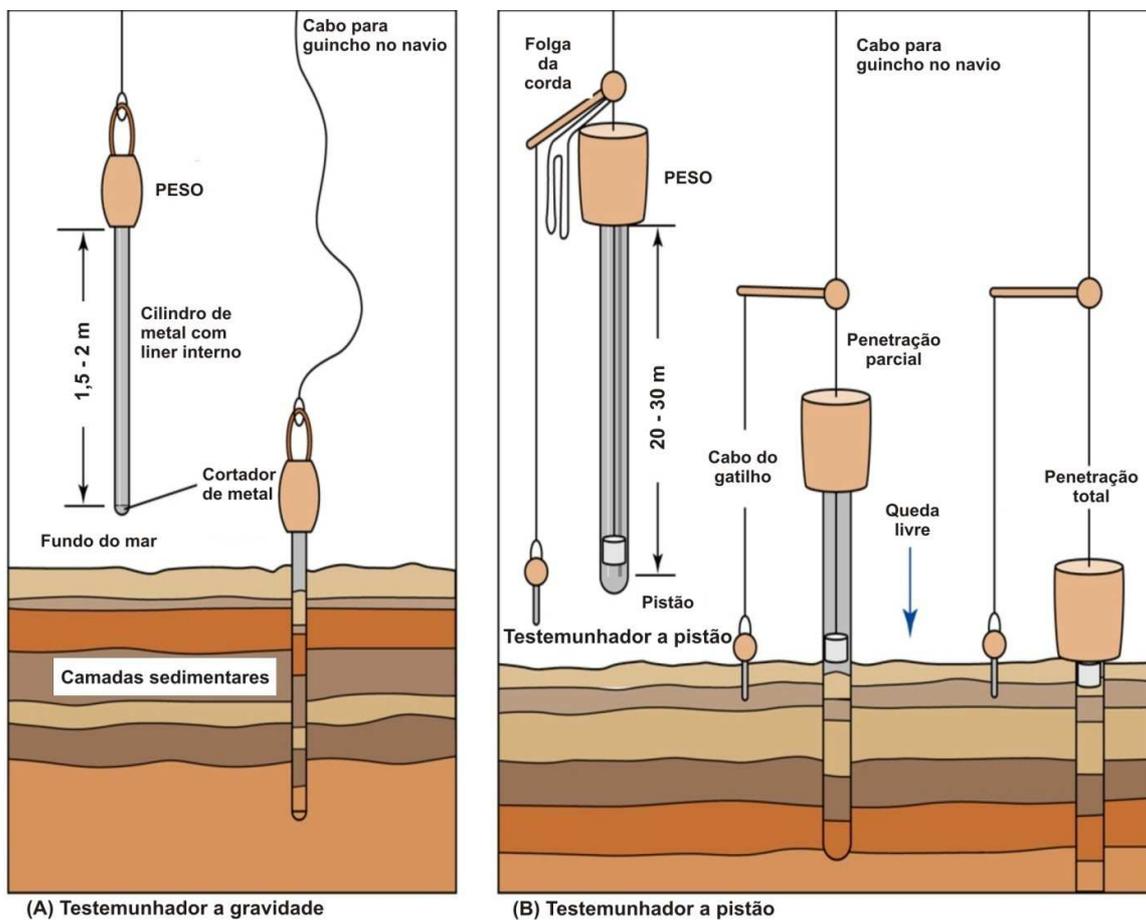


Figura 09: Testemunhadores pontuais.
Fonte: Adaptado de Pinet (2006).

Os testemunhadores podem ser “com pistão” e “sem pistão”, usualmente também chamado de testemunhador a “gravidade”. O primeiro foi o utilizado para a coleta do testemunho na área em estudo (Figura 10). Os testemunhadores à gravidade são os dispositivos mais simples dentre os testemunhadores. O testemunhador *Phleger*, hoje ainda é utilizado como peso piloto em

testemunhadores a pistão, é um testemunhador pequeno e prático para obter testemunhos curtos até manualmente de embarcações pequenas (FIGUEIREDO JR. et al., 2001).

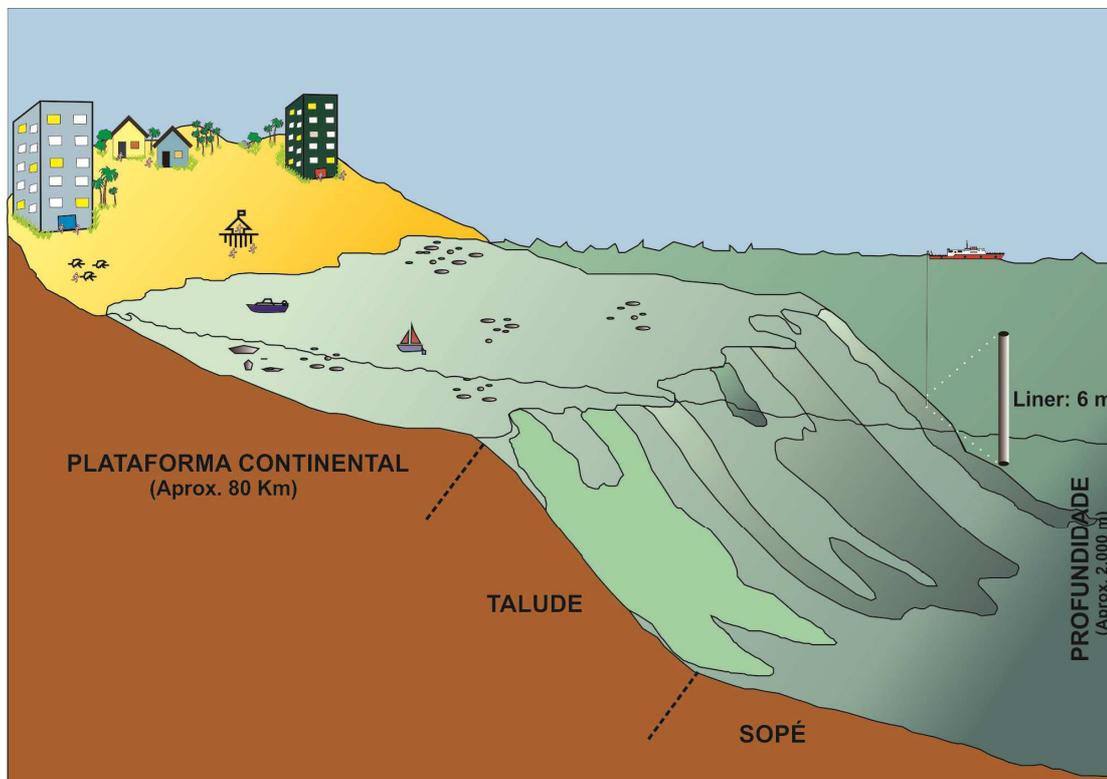


Figura 10: Representação de coleta de testemunho.
Elaborado pelo autor, 2012.

Um testemunhador a pistão se utiliza da “queda livre” para alcançar uma força inicial maior do que na testemunhagem por gravidade (Figura 11). Adicionalmente, o testemunho desliza no barril de testemunhagem para reduzir a fricção das paredes internas com o sedimento e auxiliar na evacuação de água deslocada do topo do testemunho. O testemunhador é composto por um mecanismo de disparo, pesos, hastes, um dispositivo retentor de sedimentos e um pistão. As hastes têm comprimentos de 6 e 9 m. Tubos descartáveis (*liners*) são inseridos às hastes e contêm as amostras. Ele constitui-se de um tubo com um peso na parte posterior onde se prende o cabo de sustentação e uma ponta cortante que penetra no sedimento. Na parte interna possui um tubo de PVC de 2,5 a 6,5 cm de diâmetro com um dispositivo de lâminas na extremidade inferior que impedem a perda do material amostrado (FIGUEIREDO JR. et al., 2001).

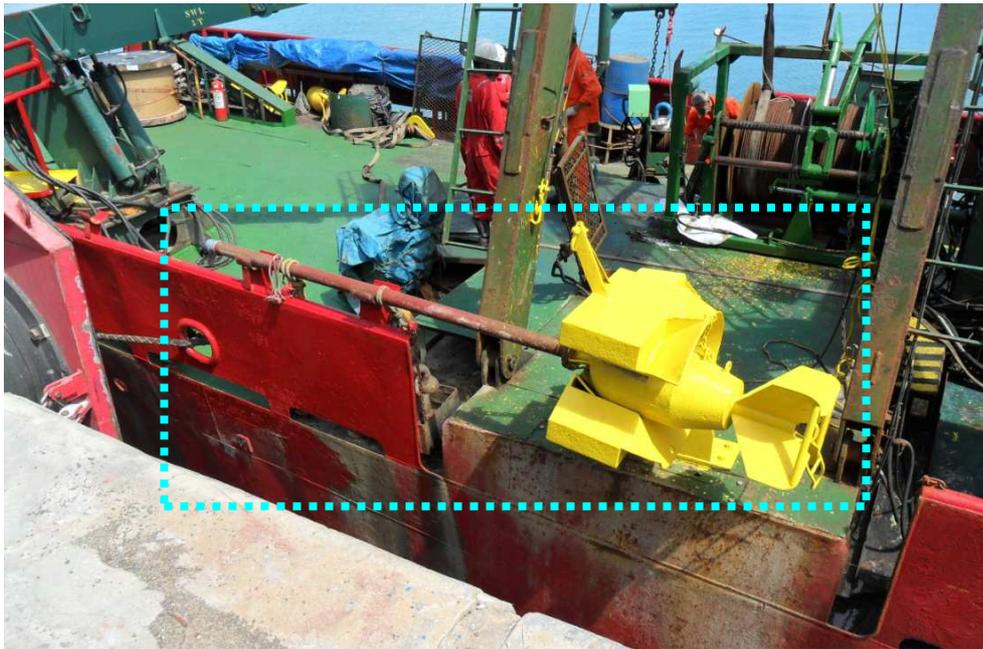


Figura 11: Testemunhador a pistão a bordo do navio FUGRO ODISSEY.
Fonte: Próprio autor, 2011.

Alguns destes testemunhadores possuem uma válvula na parte superior do tubo e outra na parte inferior. A válvula no topo evita a entrada de água e assim a lavagem do sedimento, enquanto a válvula inferior, chamada de “válvula retentora” ou “aranha” impede a saída do sedimento durante a retirada do fundo.

Uma das partes importantes do testemunhador é o cortador que vai preso na ponta do tubo. Este cortador deve ser dimensionado para ter um perfil que cause o menor atrito possível durante a penetração no sedimento e assim permita uma boa penetração com bastante recuperação. Este tipo de testemunhador é usualmente descido ao fundo com o guincho sob controle a 1 - 1,5 m/s. Quando faltam poucos metros o guincho pode ser totalmente liberado para que com a descida mais rápida haja maior penetração.

O testemunhador sem cabo, nem guincho, é um equipamento de testemunhagem à gravidade com queda livre (MOORE, 1961). Ele consiste de um tubo leve, fixado em dispositivos flutuantes e que vai ao fundo marinho dentro de um envoltório pesado, descartável. É lançado livre na água e impulsionado pelo seu peso penetra no fundo. O tubo com os flutuadores é liberado em seguida e

volta à superfície da água com os sedimentos recuperados. É um sistema prático para coleta rápida de testemunhos curtos em águas rasas.

3.3 Etapa de laboratório

3.3.1 Separação das amostras

O testemunho foi analisado com procedimentos que seguiram a metodologia descrita por Caddah (1991) *apud* Toledo (2000), na qual alinha-se as seções do topo e da base do testemunho segundo os identificadores marcados a caneta no “*liner*” e serra-se os testemunhos em cilindro iniciando-se da base e seguindo para o topo. Em seguida foi cortado longitudinalmente com auxílio de um fio de aço, correndo-se ao longo do seu comprimento. Uma metade foi fotografada em conjunto e em individualmente, a outra metade foi utilizada para a retirada de amostragens (Figura 12).



Figura 12: Processo de abertura do testemunho.
Fonte: Próprio autor, 2011.

Após feita a descrição e registradas as fotografias foi extraída do testemunho uma alíquota de 10 cm e colocados na estufa a 60° C para secagem. Em seguida as amostras foram pesadas e lavadas em peneira como malha de 0,062 mm de espessura para separação do material fino e colocadas em baldes para decantação do material. Com o material decantado o excesso de água foi retirado e as amostras foram novamente para a estufa para secagem. Com o

material seco, foram separados 50g de cada amostra e encaminhadas ao Laboratório de Raios-X, do Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará (UFC).

3.3.2 Difratometria e fluorescência de raios-X

Dentre as várias técnicas de caracterização de materiais, a técnica de difração de raios-X é a mais indicada na determinação das fases cristalinas presentes em materiais cerâmicos. Isto é possível porque na maior parte dos sólidos (cristais), os átomos se ordenam em planos cristalinos separados entre si por distâncias da mesma ordem de grandeza dos comprimentos de onda dos raios-X (ALBERS et al., 2001).

Ao incidir um feixe de raios-X em um cristal, o mesmo interage com os átomos presentes, originando o fenômeno de difração. A difração de raios-X ocorre segundo a Lei de Bragg (Equação A), a qual estabelece a relação entre o ângulo de difração e a distância entre os planos que a originaram (característicos para cada fase cristalina) (ALBERS et al., 2001):

$$n\lambda = 2d \operatorname{sen} \theta \quad (A)$$

n: número inteiro

λ : comprimento de onda dos raios-X incidentes

d: distância interplanar

θ : ângulo de difração

No meio das vantagens da técnica de difração de raios-X para a caracterização de fases, destaca-se a simplicidade e rapidez do método, a confiabilidade dos resultados obtidos, a possibilidade de análise de materiais compostos por uma mistura de fases e uma análise quantitativa destas fases.

Já para a caracterização de argilominerais, a utilização desta técnica torna-se ainda mais indicada, pois uma análise química reportaria os elementos químicos presentes no material, mas não a forma como eles estão ligados

(ALBERS et al., 2001). A análise química poderia então estar associada à análise racional, porém os resultados obtidos não apresentam uma elevada confiabilidade, além deste procedimento não ser indicado para identificar fases polimórficas. A semelhança do comportamento térmico dos argilominerais também descarta a utilização isolada das técnicas termo-diferenciais, que também são mais dispendiosas e demoradas.

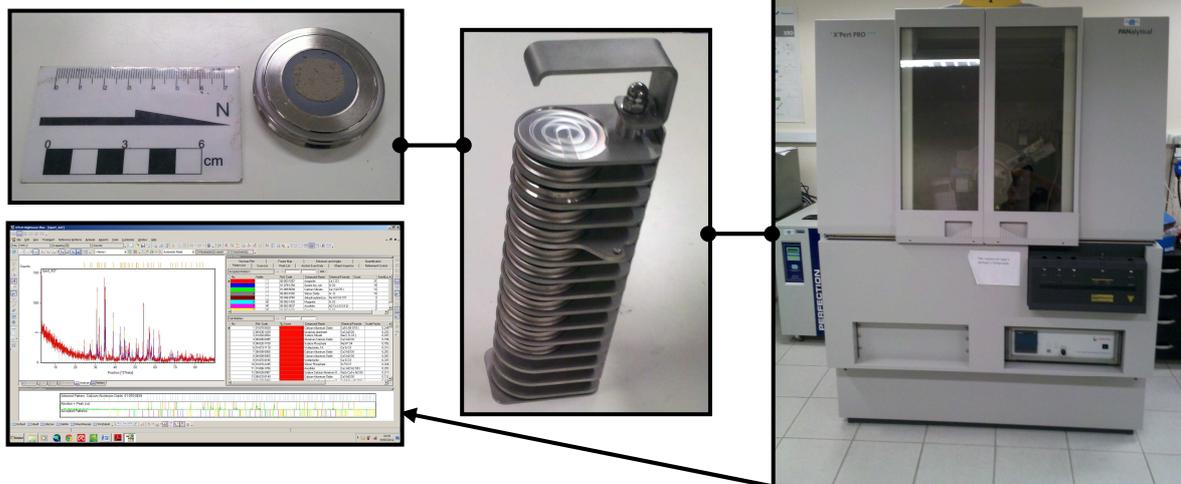
Todavia na caracterização de argilas, o elevado teor de quartzo da amostra e sua facilidade de orientar-se resultam em picos bem definidos e de grande intensidade desta fase cristalina, prejudicando muitas vezes a identificação e caracterização das demais fases.

Na prática, os ensaios de difração de raios-X foram realizados em um difratômetro Siemens, modelo D 5000, com velocidade do goniômetro de 1°/min, tubo de cobre ($\lambda=1,542 \text{ \AA}$). Para explicar melhor os ensaios de difração de raios-X, foi empregado o método de Santos (1989):

Pesa-se 20,0 g de argila seca e desagregar-se em almofariz até granulometria inferior a peneira # ABNT 200 (abertura de 74 μm); suspende-se a argila desagregada em 200 mL de água destilada e adiciona 5,0 mL de hidróxido de amônio (NH_4OH). Agita-se a suspensão e transfere-se para uma proveta de 250 mL deixando-a em repouso durante 24 h.

Com o auxílio de uma pipeta retira-se a fração fina da suspensão, evitando perturbação da mesma e coleta do material grosseiro depositado e seca-a em estufa a 100 °C, para posteriormente desaglomerá-la. Após tal processo, prepara-se uma suspensão argila-água com uma concentração de 60,0 mg de argila por 1 cm^3 de água destilada, retira com a pipeta 3,0 mL da suspensão preparada e deposita-a cuidadosamente sobre uma lâmina de vidro, deixando-a secar em estufa à 100 °C. Por fim, realizamos o ensaio de difração de raios-X, varrendo-se de 2 a 15° (escala 2θ) com velocidade de 1°/min. Estas condições podem ser alteradas conforme objetivos específicos de cada análise. Para a interpretação dos difratogramas foi utilizado o programa *X'Pert HighScore Plus* (Figura 13).

DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X



FLUORESCÊNCIA DE RAIOS-X



Figura 13: Mosaico de fotografias caracterizando o uso dos equipamentos utilizados na difratometria e fluorescência de raio-X, onde as amostras são colocadas para serem analisadas no difratômetro de raio-X e, colocadas em tubos com uma película transparente e analisadas no espectrômetro de fluorescência de raios-X.

Fonte: Próprio autor, 2012.

Após o ensaio de difração de raios-X, as distâncias interplanares (d) referentes aos picos apresentados no difratograma deverão ser confrontadas com as distâncias interplanares características de cada fase.

Considerando somente os minerais simples (geralmente presentes nas argilas nacionais), o pico de maior intensidade de cada fase (referentes à direção (001), bem como os picos secundários, encontram-se na Tabela 02.

TABELA 2: Distâncias interplanares características		
Distância Interplanar (A) (pico principal)	Distância Interplanar (A) (picos secundários)	Argilomineral
7	3,58	Caulinita
10	5,0 e 3,33	Ilita
14	7,0; 4,7 e 3,5	Clorita
14	7,0; 4,7 e 3,5	Clorita Expansível
12 ou 14	5,1 e 3,5	Montmorilonita-12 ou 14
14		Vermiculita

Tabela 02: Distâncias interplanares características. Fonte: Albers (2001).

As análises também foram conduzidas no espectrômetro de fluorescência de raios-X de marca Phillips PW 2510, instalado no Laboratório de Raio-X do Departamento de Física - UFC, através de pastilhas fundidas da amostra moída com mistura de tetra e metaborato de lítio, segundo rotina do laboratório.

A caracterização química através dos teores dos elementos maiores tem como objetivo identificar possíveis variações dos perfis analisados, assim como associar estes valores aos processos geológicos envolvidos nos sedimentos da área em questão.

As análises de difração de raios-X e da fluorescência de raios-X fornecem como resultados as fases presentes na argila e a relação dos elementos constituintes da argila com a sua proporção na forma de óxidos, respectivamente. Através da combinação da análise química, qualitativa e quantitativa, onde os elementos são todos considerados existindo na forma de óxidos, têm-se informações suficientes para determinar a composição mineralógica das fases presentes na argila. Essa técnica tem como fundamento básico a resolução simultânea de equações lineares montadas para cada fase detectada por difração de raios-X. Esse conceito é o de análise racional (SANTOS, 1989).

3.3.3 Teor de matéria orgânica

A matéria orgânica é um componente encontrado em pequena quantidade nos sedimentos marinhos, sendo este importante, pois, regula a sorção e a biodisponibilidade de diversos contaminantes. A figura 14 apresenta o processo obtenção do teor de matéria orgânica em laboratório.



Figura 14: Mosaico de fotografias caracterizando o uso dos equipamentos utilizados no processo de obtenção do teor de matéria orgânica, onde as amostras são colocadas em *erlenmeyer* para serem analisadas no laboratório.

Fonte: Próprio autor, 2012.

Para se avaliar o teor de matéria orgânica do testemunho SIS-134, foi utilizado o método de Walkley-Black modificado, o qual se descreve da seguinte forma:

Coloca-se em um *erlenmeyer* de 250 ml 0,5 g de amostra de solo, que tenha passado por peneira 0,2 mm e adicionar-se 10 ml de solução normal de

$K_2CR_2O_7$ N, misturando-se solo-solução. Em seguida, adiciona-se 20 ml de H_2SO_4 concentrado, agitando o erlenmeyer por um minuto, para garantir a mistura íntima do solo com os reagentes. Deixar em repouso por 20 a 30 minutos. Fazer a prova em branco (sem adição do solo). Titular com sulfato ferroso amoniacal [$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$]. Adicionar aproximadamente 200 ml de água, 10 ml de H_3PO_4 , 0,2 g NaF e dez gotas de difenilamina. Titular com sulfato ferroso amoniacal 0,4 N (pode ser usado o $FeSO_4$). O final da titulação é atingido, quando a coloração escura se altera para verde (CAMARGO, 1986; EMBRAPA, 1998).

Para se calcular a concentração de carbono orgânico (g/kg) das amostras é utilizada a seguinte equação:

$$\text{g de carbono/kg de TFSE} = 0,06 \times V [40 - V_a \times (40 / V_b)] \times f$$

Onde:

TFSE = terra fina seca em estufa

V = volume de bicromato de potássio empregado

V_a = volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da amostra

V_b = volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da prova em branco

0,06 = fator de correção, decorrente das alíquotas tomadas

f = fator de correção para TFSE

‘A quantidade de matéria orgânica existente na amostra é calculada pela seguinte equação abaixo:

$$\text{g de matéria orgânica/kg} = \text{g de carbono/kg} \times 1,724$$

Vale este fator (1,724) é utilizado em virtude de se admitir que, na composição média da matéria orgânica do solo, o carbono participa com 58% (EMBRAPA, 1998).

3.3.4 Teor de carbonato de cálcio

A determinação do teor de carbonato de cálcio foi efetuada pelo método clássico do calcímetro de Bernard modificado (*apud* LAMAS et al. 2005, modificado), no qual o teor de carbonato é medido indiretamente, através do volume de uma solução salina deslocado pelo gás carbônico produzido da reação do HCl com o carbonato contido na amostra. A figura 15 apresenta o calcímetro de Bernard utilizado em laboratório para análise das amostras.

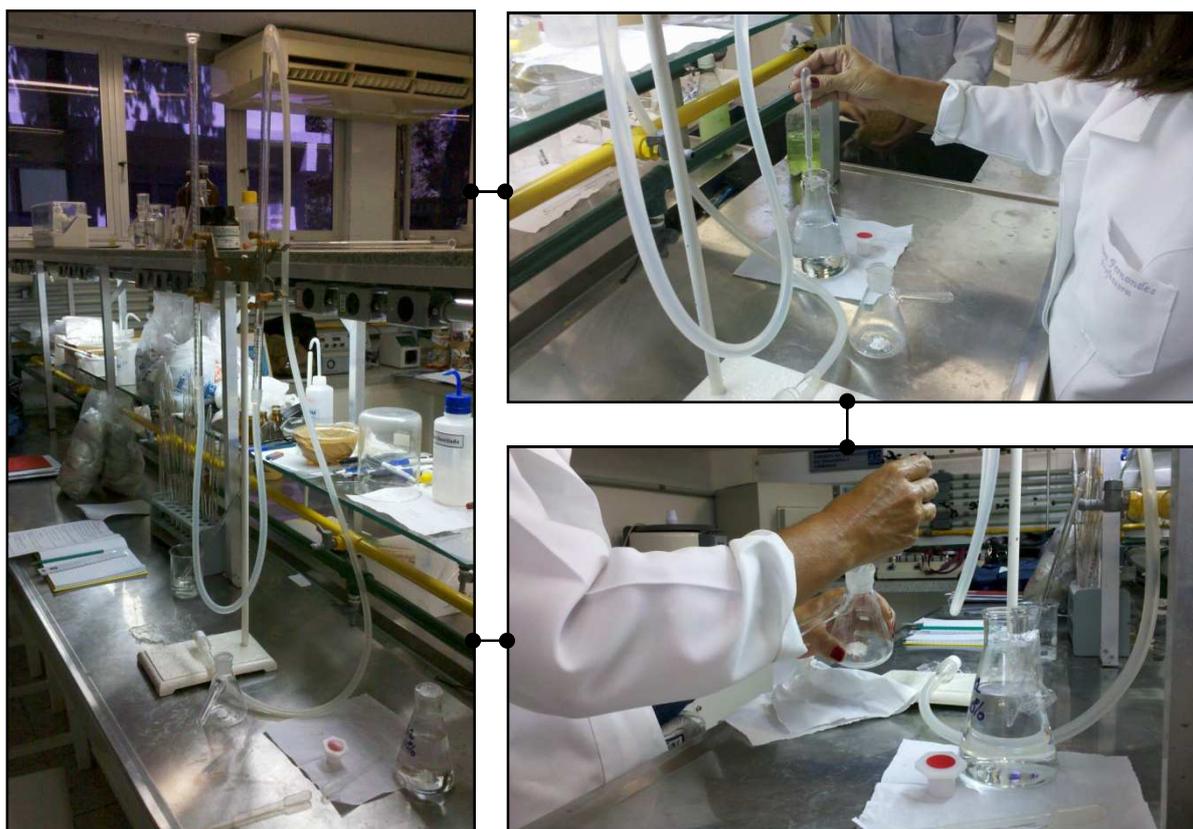


Figura 15: Mosaico de fotografias caracterizando o uso dos equipamentos utilizados no processo de obtenção do teor de CaCO_3 , onde as amostras são colocadas no calcímetro de Bernard para serem analisadas no laboratório.

Fonte: Próprio autor, 2012.

Primeiramente mediu-se o volume (V padrão) deslocado da solução salina para uma amostra de concentração conhecida de carbonato de cálcio (C padrão). No caso, cerca de 0,5 g de amostra de CaCO_3 a 99 % (C padrão) foram adicionados a três kitassatos denominados de B1, B2 e B3, nos tubos de ensaio acoplados a cada kitassato adicionaram-se 2,0 ml de HCl 10 %, com cuidado para não atingir a amostra. No calcímetro de Bernard adicionam-se 35 ml de água salinizada e em seguida acoplou-se cuidadosamente o kitassato a essa coluna de água, evitando-se ainda que o HCl atingisse amostra.

Ajustou-se o nível de água até que na bureta adequada esse nível alcançasse a marca zero e, finalmente, vagarosamente, entornou-se o kitassato para que o HCl contido no tubo de ensaio entrasse em contato com a amostra, para ocorrer a reação que produz o gás carbônico que por sua vez desloca a solução salina a um volume maior que zero (V padrão). As amostras em estudo foram, em seguida, submetidas aos mesmos passos analíticos acima descritos para se determinar o seu teor de carbonato de cálcio.

O percentual de carbonato de cálcio das amostras é medido indiretamente através de uma regra de três simples:

$$\text{C amostra (\% CaCO}_3\text{)} = (\text{V amostra} \times \text{C padrão}) / \text{V padrão}$$

Onde:

C amostra= corresponde à concentração de CaCO₃ da amostra

V amostra= é volume da solução salina deslocado pelo gás carbônico produzido da reação do HCl com o carbonato contido na amostra

C padrão= é a concentração padrão da amostra a 99 % de CaCO₃

V padrão= corresponde ao volume de solução salina deslocado pela amostra padrão.

Vale ressaltar que a análise do padrão foi realizada em duplicata e a diferença entre as medidas foi menor que 1,0 %.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A caracterização dos argilominerais encontrados nas amostras foi baseada na aquisição e catalogação de informações bibliográficas e cartográficas sobre a região do talude continental do litoral oeste cearense, realização de trabalhos e amostragem em campo, análises laboratoriais, interpretação e representação das informações obtidas.

4.1 Geologia do Talude continental do litoral oeste do Ceará

O estudo da geologia do Talude continental do Ceará ainda tem uma base apenas na formação da Plataforma continental da mesma região, pois os estudos ainda são recentes ou quase nulos. De acordo com Campos (1992), a margem continental do Ceará desenvolve-se basicamente na bacia sedimentar submersa do Ceará.

... A bacia do Ceará se localiza na plataforma continental da margem equatorial brasileira e possui as seguintes características estruturais: extensão na direção NW-SE, está enclavada entre o alto da Tutóia e o alto de Fortaleza, que a separa das bacias de Barreirinhas e Potiguar, respectivamente, o seu limite norte é estabelecido pela falha transformante do Ceará, associada com a zona de fratura Romanche, e pelo *guyot* do Ceará, situado na direção da cadeia de Fernando de Noronha e a área de afloramento do embasamento cristalino delimita a sua fronteira ao sul (CAMPOS, 44:1992).

Devido a mesma apresentar características tectônicas distintas e feições estruturais proeminentes, o mesmo autor subdividiu a bacia do Ceará em quatro sub-bacias que são, de leste para oeste, Mundaú, Icaraí, Acaraú e Piauí-Camocim (COSTA et al., 1990). Nossa área de estudo está localizada na sub-bacia do Acaraú.

Szatmari & Porto (1982) também classificam as bacias sedimentares do norte brasileiro como do tipo V (*"pull apart"*), e para Raja Gabaglia & Figueiredo (1990) essas bacias correspondem à fase final das bacias tipo III (*rifte*) e evoluindo para o tipo *"pull apart"*.

Já Meissner (1986) considera que a bacia do Ceará teve origem durante um estágio avançado dentro do processo de *rifteamento* do oceano Atlântico Equatorial, iniciado no Triássico, 245-208 milhões de anos (M.a.). Em razão disso, a margem continental do Ceará é classificada como do tipo *rifteada*. No entanto, Miura & Barbosa (1972) consideram que este processo de *rifteamento* teve seu grande desenvolvimento a partir do Aptiano (119-113 Ma), ocorrendo a separação final dos continentes no Coniaciano-Santoniano (88,5-84 M.a.).

Conforme Campos (1992), o termo *passiva* é amplamente utilizado para classificar a margem do tipo Atlântico. Palma (1984) considerou que a configuração tectônica desse tipo de margem foi estabelecida ainda no Cretáceo Inferior (140-110 M.a.), após um período de estabilidade tectônica que vigorou desde o Paleozóico Inferior (570-440 M.a.).

Asmus & Porto (1972) *apud* Campos (1992) justificam o uso do termo *passiva* fundamentados na ausência de atividades vulcânicas, orogênicas e sísmológicas. Entretanto, para El-Robrini (informação verbal *apud* CAMPOS, 1992) sugere a adoção da expressão “relativamente estável” ao invés do termo *passiva*, que pode traduzir uma noção de inércia ou inexistência de atividade, baseado no fato de que a subsidência se caracteriza no fenômeno geodinâmico predominante na evolução e formação das bacias marginais do tipo Atlântico, e cita evidências de uma reativação sísmológica na região, apresentada por Ferreira et al. (1987) e Takeya et al. (1989).

4.2 Batimetria da área de estudo

Os dados batimétricos foram obtidos através do banco de dados das amostras coletadas pela ANP e dados do Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada (LGMA) que foram integrados e gerados o mapa batimétrico e o Modelo Digital de Terreno (MDT) em ambiente SIG, utilizados para ilustrar a localização e a geomorfologia da área onde se encontra o testemunho SIS-134.

O mapa batimétrico e de localização foi gerado no programa ArcGIS 9.3, utilizando a ferramenta *Spatial Analyst* e o MDT foi gerado no programa SURFER 10 com a geração de uma superfície 3D.

O testemunho estudado foi coletado a uma profundidade de 1350 m no Talude continental do litoral oeste do Ceará. A profundidade da área de estudo variou de aproximadamente 0-80 m na região da Plataforma continental, a quebra da Plataforma continental está entre 80-100 m até chegar as profundidades do Talude continental que ficou entre 100-2500 m (Figura 16).

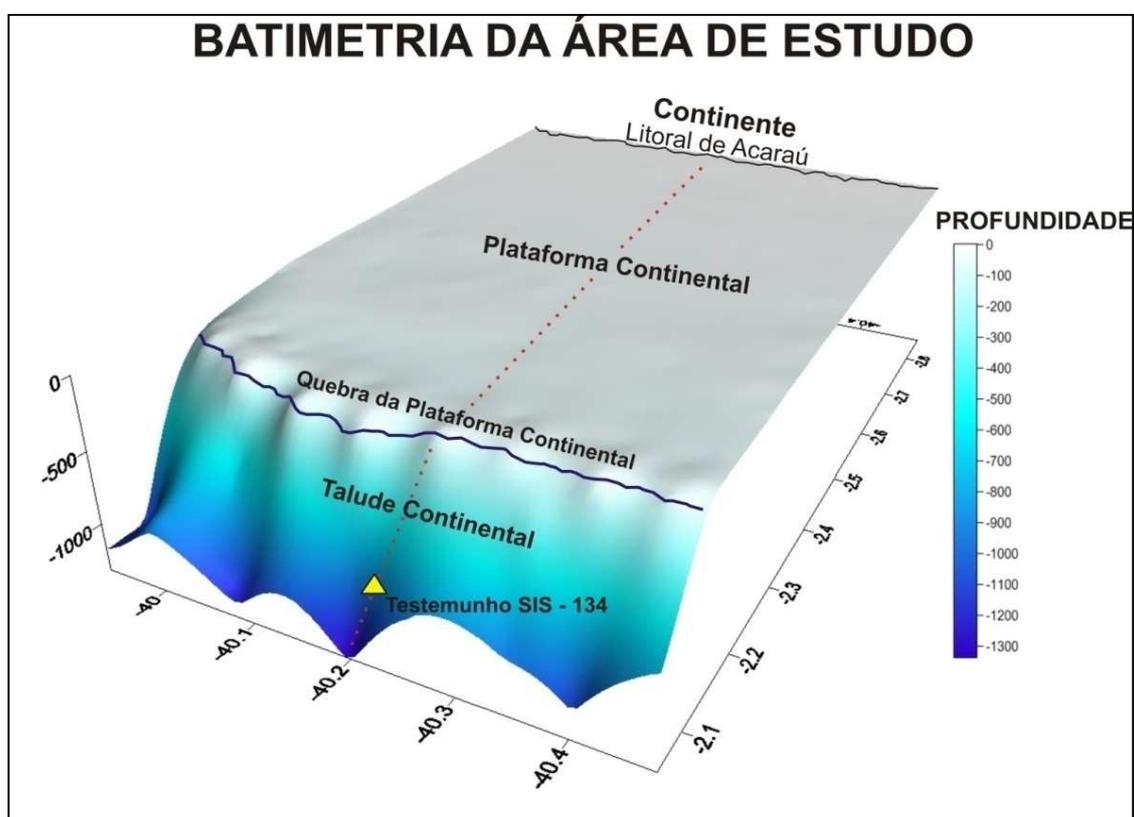


Figura 16: Batimetria da área de estudo com a localização do testemunho SIS - 134. Fonte: Próprio autor, 2012.

4.3. Descrição textural do testemunho SIS-134

Na descrição preliminar do testemunho SIS-134, foram utilizadas a carta de cores do "The Rock - Color Chart Committee" (1984) e uma tabela comparativa de grãos. A análise foi feita com base nos registros fotográficos feitos no testemunho estudado. O **testemunho SIS-134** foi coletado a uma profundidade de 1350 m, no

talude continental, tendo o tamanho entre a base e meio de 1,74 m e entre o meio - topo de 1,78 m (Figura 17).

O testemunho SIS-134 foi analisado e digitalizado em scanner para uma melhor visualização da amostra. Dessa forma, dividiu-se o testemunho, que mede 3,52 m em três partes iguais, cada uma contendo 1,17 m, tendo como sub-nomes TOPO, MEIO e BASE.

Verificou-se que na parte do TOPO do testemunho houve a predominância da coloração *Light Gray N7* com algumas variações intercaladas de coloração *Light Brownish Gray 6/1* nas porções 50-52 cm, 75-76 cm, 96-105 cm, sendo estas de 2 cm, 1 cm e 9 cm respectivamente.

Observou-se a presença de grãos de mica em tamanhos variados (Figura 17) como estruturas escuras. Outras estruturas também foram encontradas e classificadas como estruturas escuras, contudo, as mesmas não foram definidas. A amostra também apresentou uma faixa de material grosso com espessura de 2,0 cm (à maior encontrada) na porção de cor *Light Brownish Gray 6/1*. Além disso, foram encontrados alguns pontos brancos que foram identificados como pedaços de organismos como pterópodos.

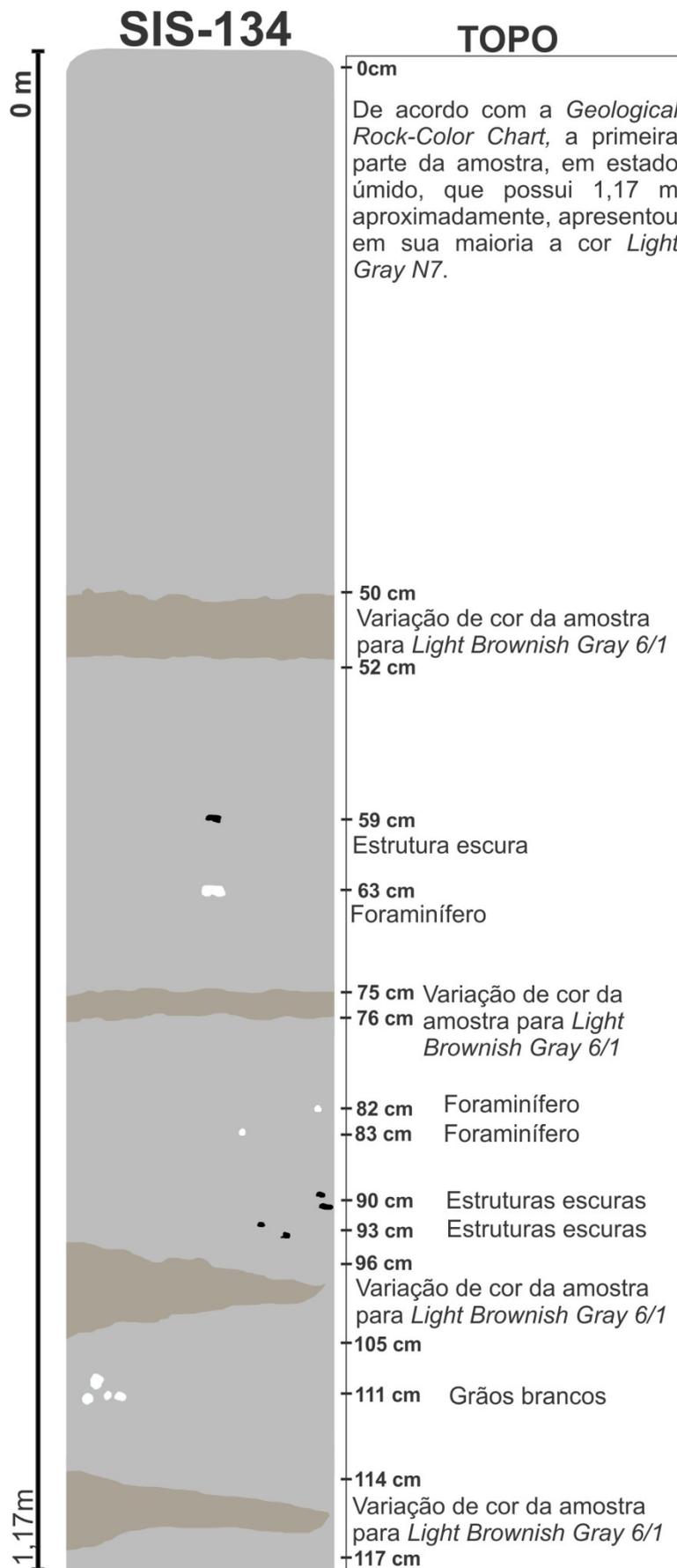


Figura 17: Topo do testemunho SIS -134.
Fonte: Próprio autor, 2012.

A seção do MEIO, apresentou a predominância da coloração *Light Gray N7*, com variações na coloração na porção entre 142-171 cm, contendo 29 cm de sedimentos de cor *5Y 6/1 Light Olive Gray*. Outra variação observada foi entre 180-186 cm, sendo esta de 6 cm e tonalidade *5Y 7/2 Yellowish Gray*.

Foi verificada entre as porções de 200 cm a 210 cm a presença de estruturas escuras não definidas, e um pedaço de um objeto com brilho metálico também não classificado. Já entre as porções de 216 cm e 235 cm a predominância de sedimentos de coloração *5Y 6/1 Light Olive Gray*, passando por mudanças para a coloração *Very Light Gray N8*.

Nesta porção final da seção do MEIO também foram encontrados entre os sedimentos argilosos a presença de estruturas escuras e carapaças (Figura 18).

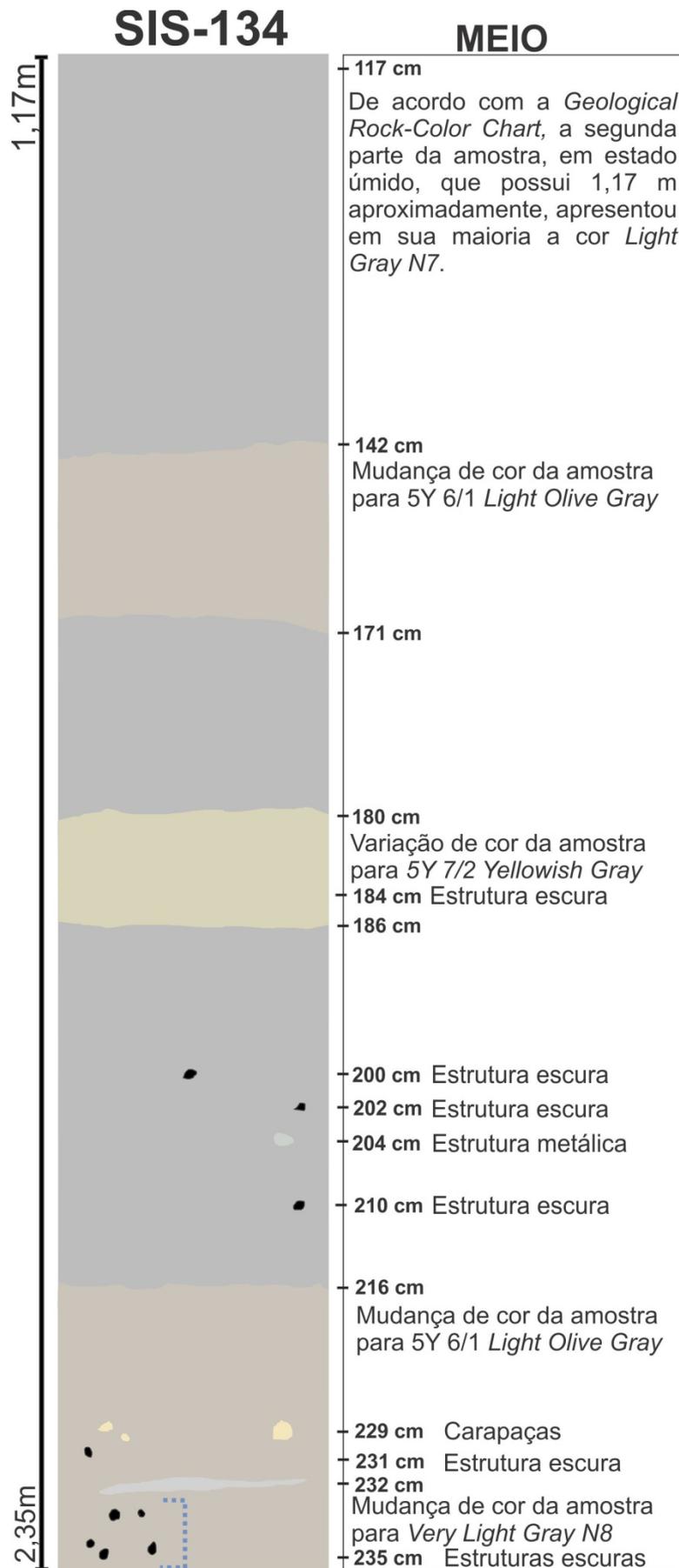


Figura 18: Meio do testemunho SIS -134.
 Fonte: Próprio autor, 2012.

Na seção da BASE do testemunho, houve a maior diversificação de cores com relação aos sedimentos encontrados. A tonalidade predominante foi a *5Y 3/2 Olive Gray*, com porções de 249-257 cm e 293-357 cm respectivamente. Vale ressaltar que essa foi a coloração mais escura com relação as demais seções e tonalidades encontradas no testemunho. A outra coloração em segundo plano predominante foi a *Light Gray N7*, nos 14 cm iniciais dessa seção e entre as porções 257 cm e 293 cm.

Em todas as porções diferenciadas por cores foram verificadas algumas marcas diferenciadas, possivelmente por correntes de turbidez encontradas nesse ambiente. Na seção da BASE também encontrou-se grãos de mica, estruturas escuras não classificadas, pequenas mudanças na tonalidade predominante para *5Y 6/1 Light Olive Gray*, carapaças, foraminíferos e a presença de pequenos espaços abertos que podem ser indicadores de circulação de água, presença de organismos ou da decomposição do carbonato de cálcio.

Na base final do testemunho foram identificados uma grande quantidade de pontos brancos brilhosos podendo ser classificados como pedaços de foraminíferos e/ou deposição de carbonato de cálcio em maior ocorrência. Foi nesta seção final que ocorreu a variação de cores mais escuras como *5Y 3/2 Olive Gray* e *5YR Brownish Gray* (Figura 19).

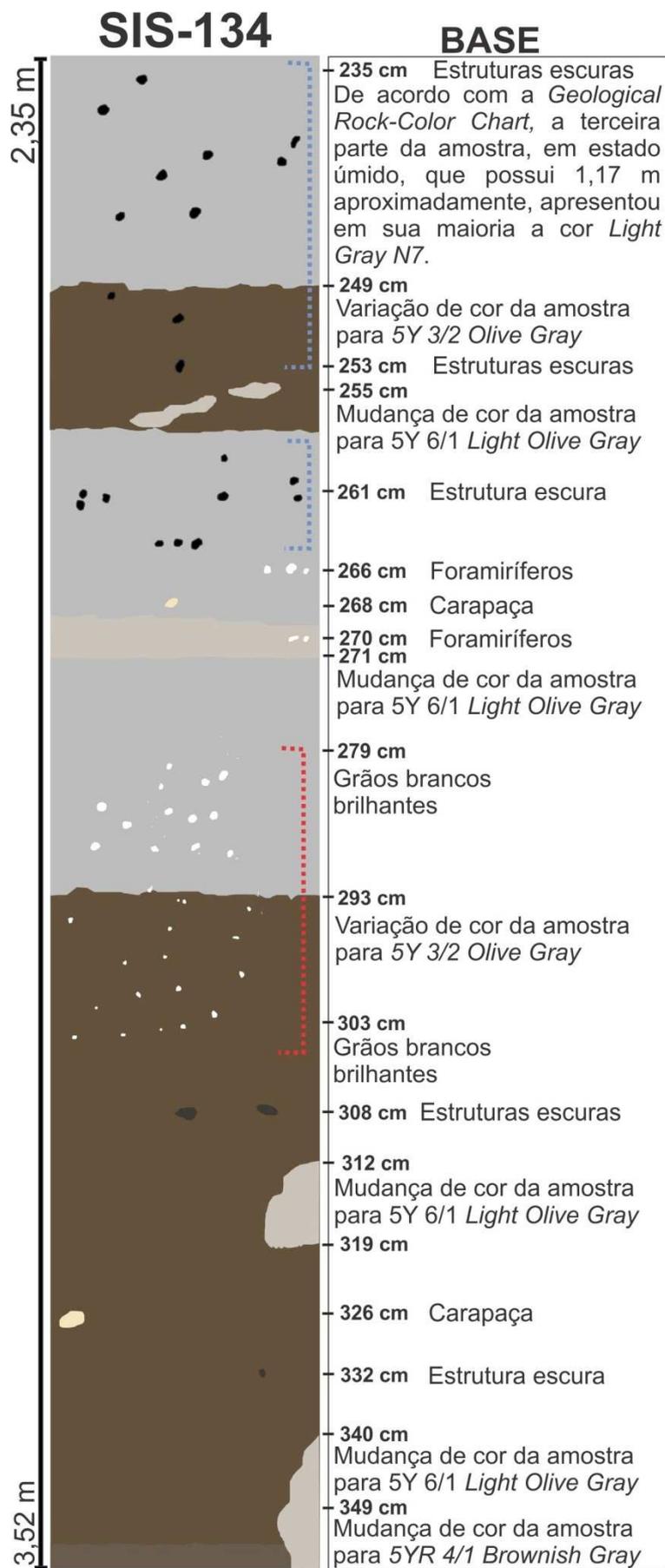


Figura 19: Base do testemunho SIS - 134.
Fonte: Próprio autor, 2012.

Com relação à granulometria, os sedimentos apresentaram valores variando de 9,2% a 24,7% de areia bioclástica fina a muito fina próximos ao TOPO e na sua BASE, respectivamente. Já os percentuais de sedimentos muito finos e/ou lama variaram de 75,3% a 90,8% respectivos a BASE e ao TOPO, como apresentado no Gráfico 01. Na seção do MEIO não houve uma grande variação quanto aos seus sedimentos.

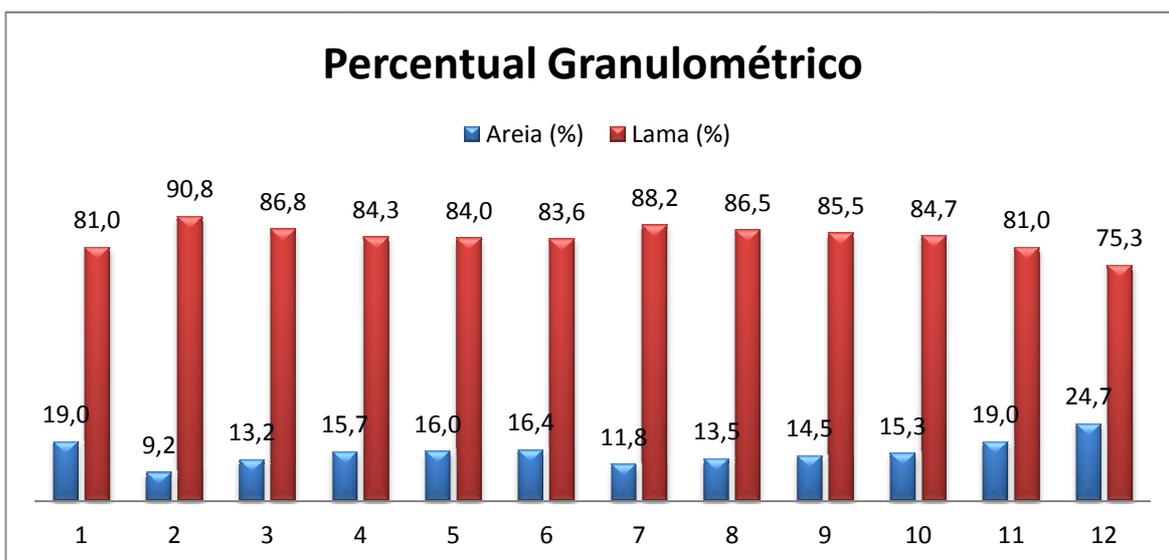


Gráfico 01: Percentual granulométrico do testemunho SIS-134.
Fonte: Próprio autor, 2012.

4.5 Caracterização mineralógica das argilas

4.5.1 Difractometria e fluorescência de raios-X

A partir dos resultados encontrados na difratometria de raios-X, pode-se identificar nas amostras, divididas em topo, meio e base o teor de diversos argilominerais. No caso do topo, a predominância foi de argilominerais como a caulinita com 45,58%, a illita com 42,36% e a esmectita com 12,06%, como pode ser verificado no Gráfico 02.

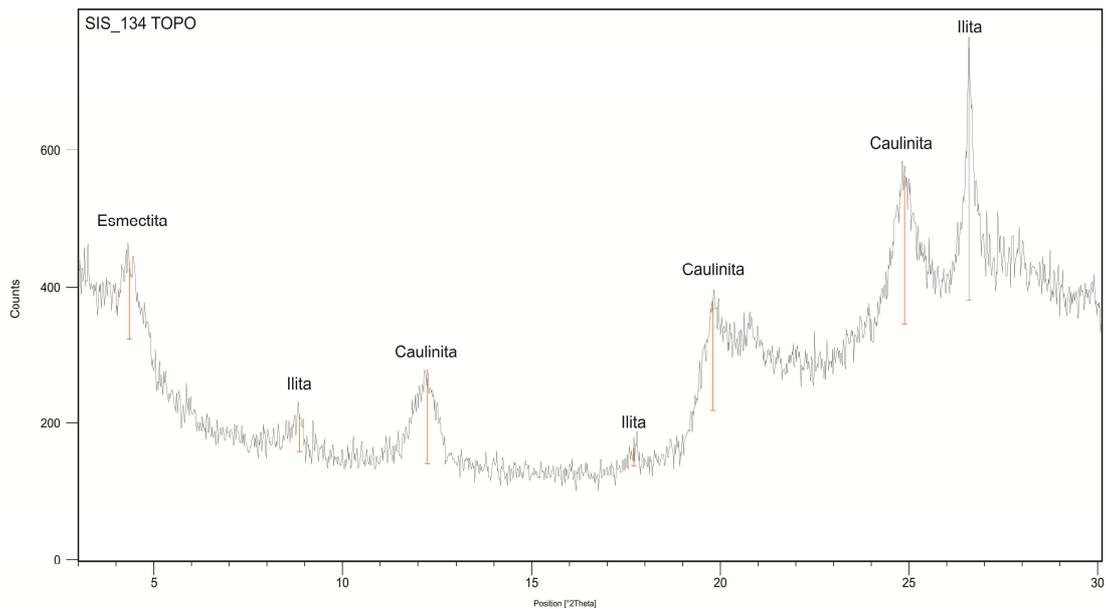


Gráfico 02: Difratoograma da amostra do Topo do testemunho SIS-134.
 Fonte: Próprio autor, 2012.

A seção do meio, representada no gráfico 03, os argilominerais encontrados foram a ilita, com 51,32%, a caulinita com 47,59% e a esmectita com 1,09%. Vale ressaltar que o teor de caulinita na seção do topo e do meio fundamentou o resultado abordado na descrição identificando sedimentos mais claros em quase toda a amostra.

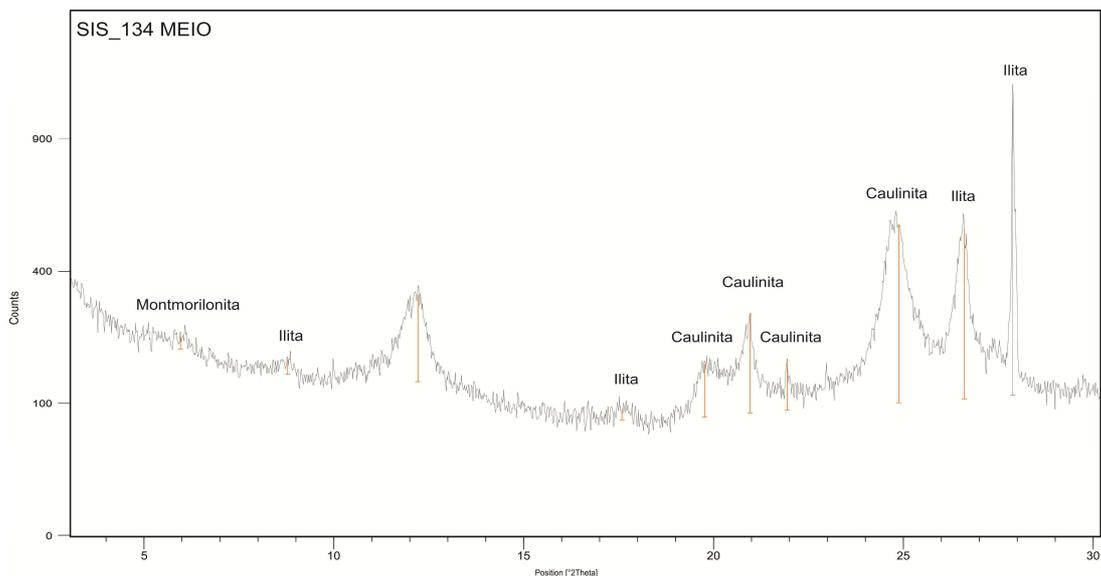


Gráfico 03: Difratoograma da amostra do Meio do testemunho SIS-134.
 Fonte: Próprio autor, 2012.

Já na parte final do testemunho, isto é, a base, os argilominerais encontrados foram a illita, com 60,9%, a caulinita com 34, 2% e a esmectita com 4,9%, como caracteriza o gráfico 04.

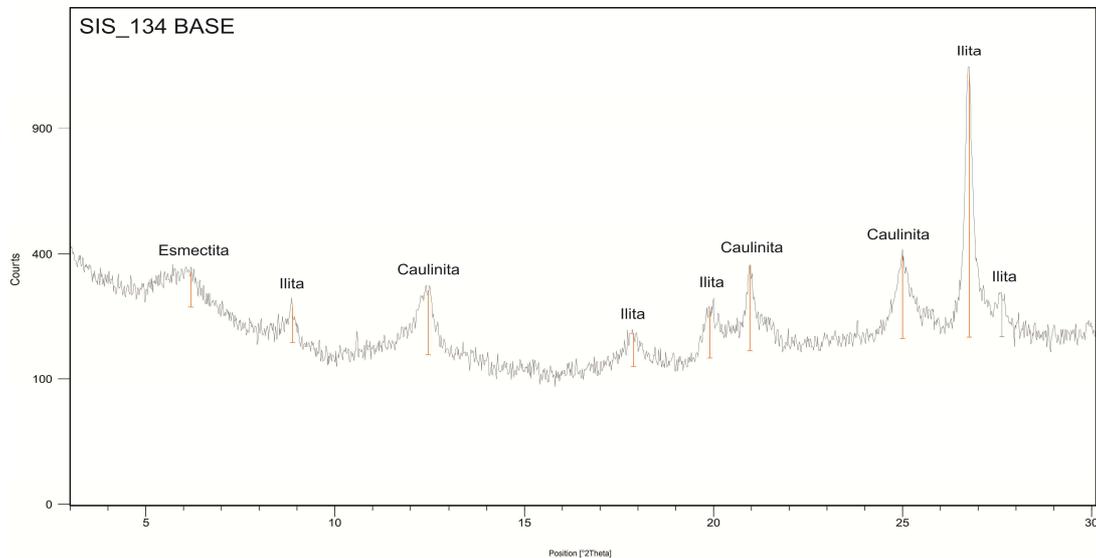


Gráfico 04: Difratograma da amostra da Base do testemunho SIS-134.
Fonte: Próprio autor, 2012.

Os resultados de fluorescência apresentaram no topo a predominância de cálcio (88,4%) seguido de silício (6,7%), alumínio (2%) e ferro (1,1%). Os outros componentes, fósforo, potássio e estrôncio, representam menos de 1% da amostra cada, conforme podemos observar no Gráfico 05.

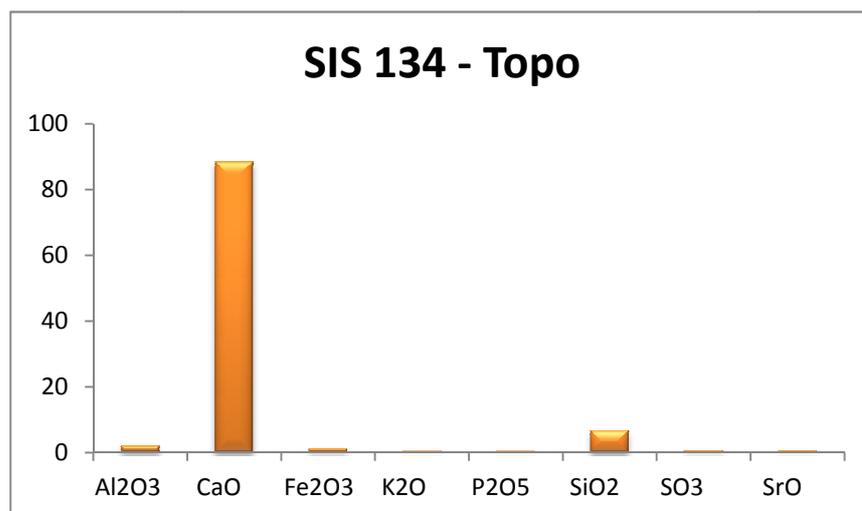


Gráfico 05: Composição química da amostra do Topo do testemunho SIS-134.
Fonte: Próprio autor, 2012.

A parte do meio do testemunho apresenta um teor de cálcio de 33,2%, bem menor em relação ao topo, e com uma maior representação de silício (39,5%), alumínio (13,6%) e ferro (7,4%). Outros elementos como fósforo, cloro, potássio, tálcio, manganês e estrôncio apresentaram valores abaixo de 1%, como pode ser visto no Gráfico 06.

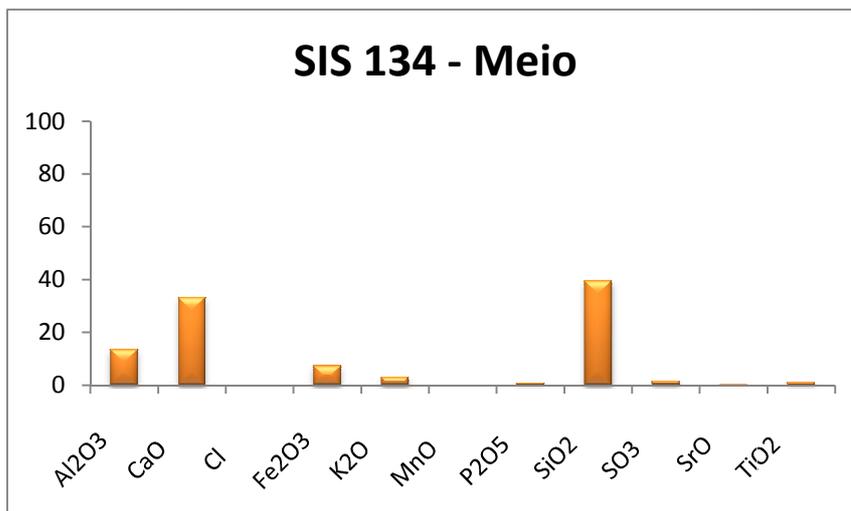


Gráfico 06: Composição química da amostra do Meio do testemunho SIS-134. Fonte: Próprio autor, 2012.

Na base do testemunho mostra-se novamente um aumento no teor de cálcio (72,2%) e porcentagens menores de silício (15,4%), alumínio (4,9%), ferro (2,9%) e sódio (2,3%). Fósforo, potássio e estrôncio apresentaram valores inferiores a 1% como podemos verificar no Gráfico 07 logo abaixo.

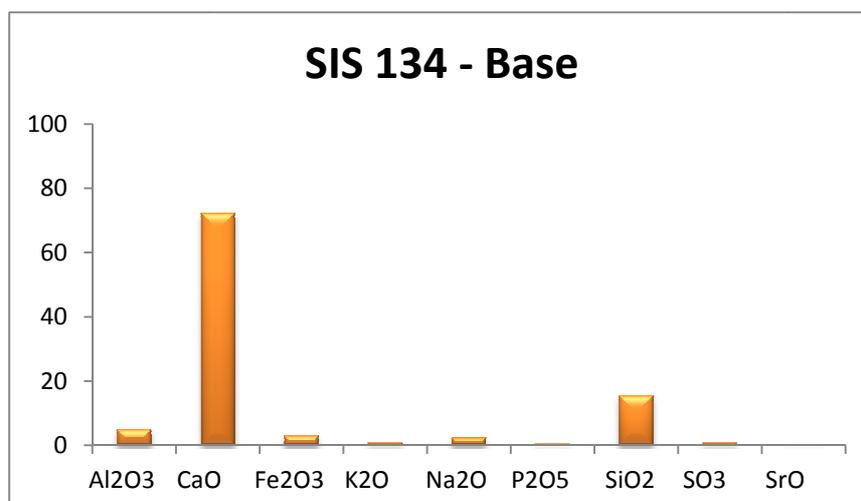


Gráfico 07: Composição química da amostra da Base do testemunho SIS-134. Fonte: Próprio autor, 2012.

4.5.2 Teor de matéria orgânica

O estudo do teor de matéria orgânica auxiliou na caracterização dos sedimentos por meio de sua coloração, pois a mesma influência no escurecimento dos sedimentos de acordo com o aumento do seu teor. Com base nisso, os resultados de teor de matéria orgânica variaram de 7,03% em uma pequena porção da base do testemunho e, 36,21%, 28,64% e 34,04%, no final da seção do topo, no início da seção do meio e na base do testemunho respectivamente.

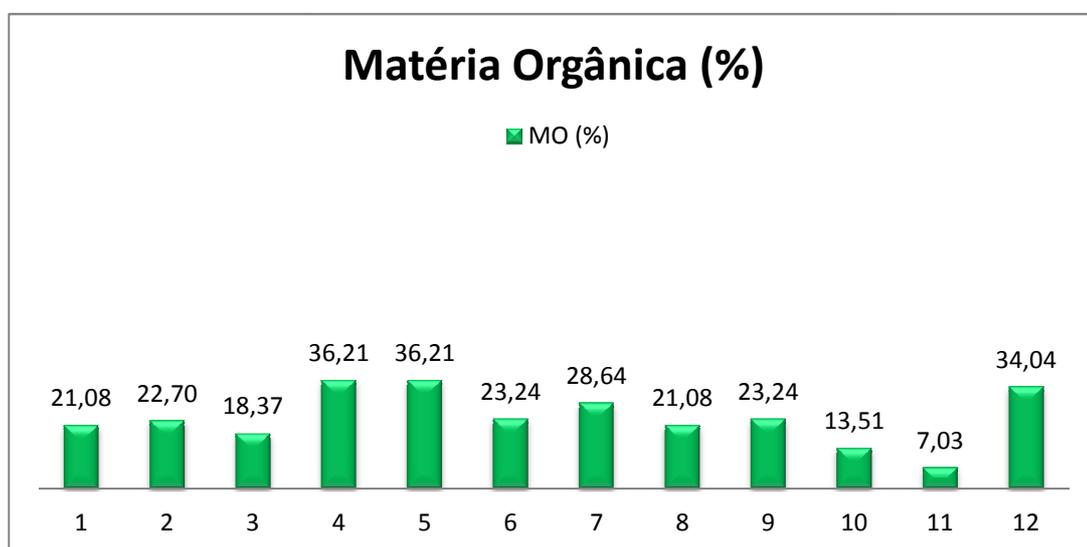


Gráfico 08: Teor de matéria orgânica do testemunho SIS-134.
Fonte: Próprio autor, 2012.

4.5.3 Teor de carbonato de cálcio

O carbonato de cálcio é encontrado no mar como componente dos esqueletos das conchas e dos corais. Seu estudo foi feito nesta pesquisa, devido a grande quantidade de foraminíferos encontrados nas amostras retiradas do testemunho. Tal teor apresentou elevado em quase todas as amostras analisadas, dando destaque as amostras da seção do topo, com 95,2% e o início da seção do meio com 95,2%. Já os menores valores encontrados foram na seção da base, com 40,5%.

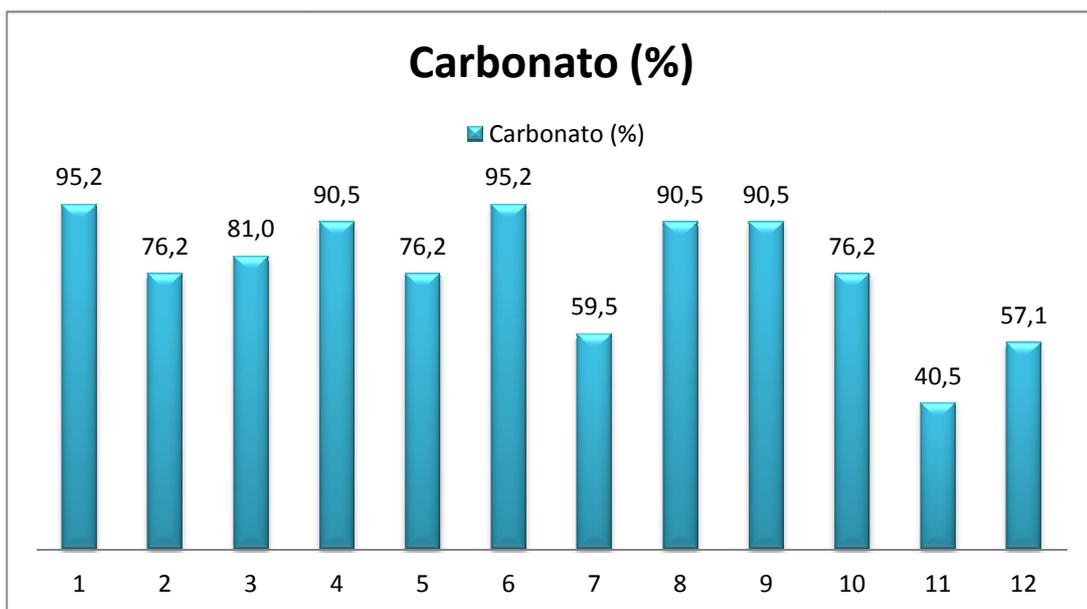


Gráfico 09: Teor de Carbonato de cálcio do testemunho SIS-134.
Fonte: Próprio autor, 2012.

Após todos os dados integrados, pode-se observá-los na Figura 20, identificando todos os parâmetros analisados, onde podemos fundamentar os objetivos desta pesquisa por meio destes e de algumas teorias já abordadas no referencial.

TESTEMUNHO SIS-134

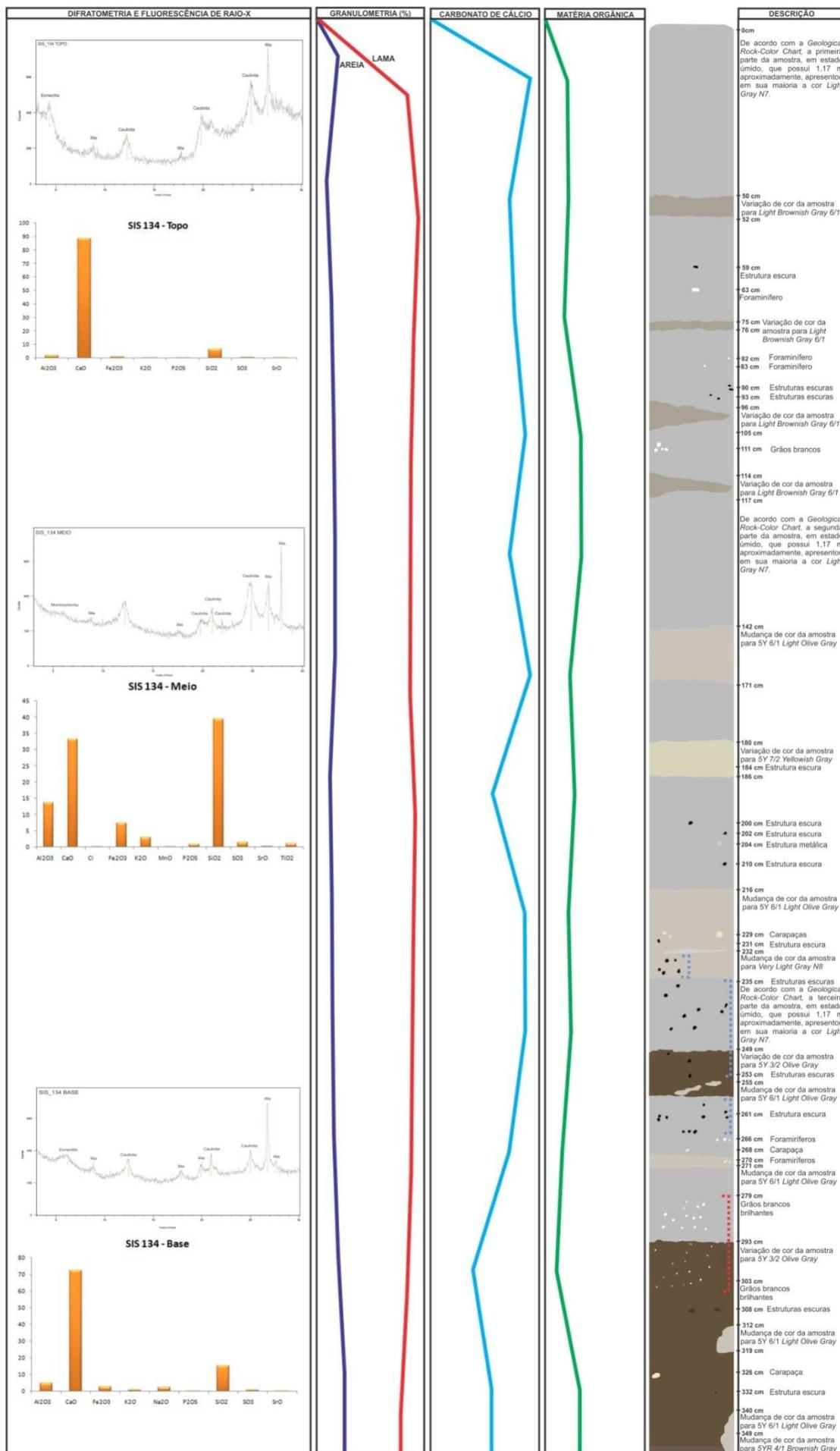


Figura 20: Identificação de todos os parâmetros analisados no testemunho SIS-134.
 Fonte: Próprio autor, 2012.

5. CONCLUSÕES

As conclusões aqui propostas buscam fundamentar os objetivos desta pesquisa e gerar subsídios para elucidar os mecanismos relacionados à origem dos argilominerais presentes no testemunho analisado do talude continental do litoral oeste do Ceará.

Como já foi salientado, cerca de 70% da superfície terrestre encontra-se abaixo do nível do mar, sendo ainda relativamente pouco conhecida. Entre esses ambientes marinhos existe o talude continental, objeto de estudo dessa pesquisa, que se define como uma encosta que se inclina da borda da plataforma continental até profundidades que variam conforme sua morfologia, esta condicionada por diferenças no regime de sedimentação e por feições estruturais específicas.

Tal morfologia pode ser condicionada também pelos aspectos oceanográficos, que foram observados por meio das marés, ondas, correntes e tiveram como resultado amplitudes de marés mensais com máximas de 3,1 m e mínimas de 2,3 m. A altura das ondas variaram de 0,60 m a 2,10 m com direções E, ENE e ESSE e predominância de ondas do tipo sea. A maior incidência de ataque destas ondas na praia ocorreu principalmente nos períodos de conjunção de marés de maior amplitude com ventos de maior intensidade, resultando numa maior remoção de sedimentos para a zona de antepraia, podendo estes ser removidos pelas correntes para ambientes mais fundos.

Os aspectos climáticos apresentaram como característica principal uma pluviometria tropical do tipo semiárido, com duas estações bem diferenciadas, sendo uma com precipitações curtas e outra com estiagem prolongada, com variação anual da pluviometria controlada pelo movimento da ZCIT. Assevera-se de acordo com as metodologias estudadas, que o clima influencia muito na dinâmica do mar profundo.

Quanto à variedade da coloração dos sedimentos do testemunho, foram identificadas pequenas variações entre tons de cinza claros a tons de cinza mais

escuro para marrom. Foram encontradas pequenas estruturas escuras cujas mesmas não foram definidas, foraminíferos e pedaços de micas e carapaças nas seções do topo e do meio, ocorrendo à mudança mais significativa de cor e estruturas escuras na base do testemunho.

De acordo com a percentagem granulométrica, o testemunho teve predominância de sedimentos lamosos em todas as seções, variando de 75,3% a 90,8%, sendo o menor valor encontrado na base do testemunho. O alto teor de lama pode ser explicado pelo fato do ambiente ser de baixa energia, sendo transportados e depositados somente os sedimentos com granulometria mais fina. Os mesmo também podem ser deslocados por fluxo gravitacional, isto é, por correntes de turbidez e/ou processos eólicos.

Sabe-se que os argilominerais fazem parte da composição mineralógica dos solos, e são designados como minerais secundários, pois os mesmos ocorrem quando existe modificação das rochas causadas pelo intemperismo. Desse modo, os argilominerais identificados por difratometria de raio-X no testemunho coletado no talude continental do litoral oeste do Ceará, a 80 km da costa do município de Camocim, correspondem principalmente aos grupos da esmectita, da caulinita, da illita, e subordinadamente da montmorilonita, que faz parte do grupo das esmectitas.

As morfologias e formas de ocorrência dos argilominerais foram descritas em relação às diferentes fácies sedimentares e de coloração dos sedimentos em que foram constatadas suas presenças. De modo a ilustrar sua distribuição e demonstrar a sua coexistência lateral foi elaborado um perfil descritivo do testemunho SIS-134, a exemplo daquele das figuras já mencionadas no texto.

O argilomineral illita designa um grupo de minerais predominantemente dioctaedricos, com estrutura similar a das micas muscovitas, porém com granulometria na fração argila; neste sentido, foi verificada a presença de argila micacea e mica degradada no testemunho, o que identifica a illita no mesmo. Os valores de illita encontrados foram de 42,36% no topo, 51,32% no meio e 60,9%

na base do testemunho, o que pode indicar que no passado houve uma maior influência da ação fluvial na sedimentação deste ambiente.

As esmectitas incluem todos os minerais do grupo das montmorillonitas e são argilominerais tipo 2:1, di ou trioctaédricos, que tem a capacidade de expansão e contração de suas unidades estruturais. Sendo assim, elas foram observadas no testemunho nas seções do topo, meio e base, com teores de 12,06%, 1,09% e 4,9% respectivamente.

A caulinita é um argilomineral característico de regiões equatoriais, onde ocorrem processos acentuados de lixiviação. Geralmente ocorrem associados a minerais aluminosos e/ou produtos de alteração condicionados a instabilidade dos silicatos, durante o intemperismo químico, podendo também se formar em decorrência de processos diagenéticos em bacias sedimentares. A mesma foi encontrada no testemunho com teores de 45,58%, 47,59% e 34,2% respectivos a topo, meio e base.

Quanto à composição química do testemunho, foi verificada a predominância de CaO, seguido de SiO₃, Al₂O₃ e Fe₂O₃. Na seção meio é onde ocorre a maior diferença na composição, onde ocorre a diminuição do teor de CaO cai pela metade e ocorre o aumento dos teores de, Al₂O₃ e Fe₂O₃.

A predominância de caulinita e illita sugere influência continental na sedimentação do talude continental, reforçado pela presença de SiO₃ e Al₂O₃ identificados pela fluorescência de raio-X.

O teor de carbonato de cálcio se apresentou elevado em quase todo o testemunho, sendo os maiores valores encontrados nas seções topo e meio com 95,2% e os menores valores foram encontrados na base do testemunho com 40,5% e 57,1%.

Verificou-se que o talude continental em sua maior profundidade verificada pela análise do testemunho, são áreas com baixa energia, pois a presença de

substratos lamosos, comumente ricos em matéria orgânica predominaram na base do testemunho.

O teor de matéria orgânica apresentaram variação de 7,03% a 36,21%, se justifica pelo baixa energia de transporte e lenta deposição do ambiente. Os maiores teores de matéria orgânica foram os que apresentaram a maior diferença de coloração, apresentando uma cor mais escura em algumas seções do testemunho, sendo a mais representativa no final da seção base. A preservação da matéria orgânica é ainda auxiliada pela profundidade moderada e pela água que é supersaturada de oxigênio.

Devido o aumento da matéria orgânica, com o aumento da profundidade no testemunho, pode-se perceber uma diminuição da fauna, isto é, da presença de organismos, o que pode estar associado a uma maior concentração de matéria orgânica, pois esta é o principal fator que alternam a abundância de foraminíferos.

Vale ressaltar a presença do rio Acaraú que se encontra a cerca de 80 km de distância do testemunho SIS-134 e que pode influenciar na sedimentação da área, fornecendo material para o talude continental.

Estes resultados geraram perspectivas para uma maior base de estudos sobre o mar profundo e sua dinâmica. Todavia, se faz necessário um maior acompanhamento destes estudos, tanto do ponto de vista geomorfológico, quanto mineralógico, para que as pesquisas neste ambiente físico obtenham subsídios para um maior conhecimento da área. Tal contexto exige a aplicação de técnicas e implemento de tecnologias que promovam o conhecimento dos processos responsáveis pela formação do talude continental cearense.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGI. American Geological Institute. *Picture: Continental slope*, 1999. , Acesso: 10/10/2011.

ALBERS, A. P. F.; MELCHIADES, F. G.; MACHADO, R.; BALDO, J. B.; BOSCHI, A. O. *Um método simples de caracterização de argilominerais por difração de raios-x*. Anais do 45º Congresso Brasileiro de Cerâmica, Florianópolis – SC, 2001.

ASMUS, H. E. & PORTO, R. *Classificação das bacias sedimentares brasileiras segundo a tectônica de placas*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26., Belém. Anais. Belém, SBG. V.2, p.67-90. 1972.

AYOADE, J. O. *Introdução à Climatologia para os trópicos*. 3ª edição, Ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1991.

BAPTISTA NETO, J. A.; PONZI, V. R. A.; SICHEL, S. E. (Orgs.) *Introdução à Geologia Marinha*. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

CAMPOS, C. W. M.; PONTE, F. C.; MIURA, K. *Geology of the brasilian continental margins*. In: BURK, C.A. & DRAKE, C.L. The geology of continental Margins. New York, Springer-Verlag. P. 447-460. 1974.

CAMPOS, L. G. *Delineamento do pé do talude em um perfil da margem continental do Ceará através da integração de dados geológicos e geofísicos*. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, Tese de Mestrado em Geofísica, 1992.

CARROL, D. *Clay Minerals: A guide to their X-ray identification*. In: The Geological Society of America, Special paper 126, Colorado, 1970.

CAVALCANTI, V. M. M. *Plataforma continental: a última fronteira da mineração brasileira*. Brasília: DNPM, 2011.

CHAIRMAN, E. N. G. & Trask, P. D. & Ford, R. K. & Rove, O. N. & Singewald Jr, J. T. & Overbeck, R. M. *Rock Color Chart*. Colorado: Geological Society of America, 10 p., 1984.

COSTA, M. P.; BELTRAMI, C. V.; ALVES, L. E. M. *A evolução tectono-sedimentar e o Habitat do óleo da bacia do Ceará*. Boletim Técnico da PETROBRÁS. 4(1): 65-74. 1990.

COUTINHO, P. N. *Levantamento do estado da arte da pesquisa dos recursos vivos marinhos do Brasil – Oceanografia Geológica*. Programa Revizee – SECIRN, 80p. 1996.

DAMUTH, J. E.; & PALMA, J. J. C. *Geomorfologia do fundo atlântico equatorial oeste*. In: PETROBRÁS: Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. Série Projeto REMAC, v. 7, 1979.

DHN – 2010-2011 - *Tábua de Marés*. Diretoria de Hidrografia e Navegação – Marinha do Brasil.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *ANÁLISES QUÍMICAS PARA AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO: Métodos Usados na Embrapa Solos*, 1998.

EMERY, K. O. *Characteristics of Continental Shelves and Slopes*. Massachusetts, 1965.

FAIRBRIDGE, R. W. (Editor) *Encyclopedia of Geomorphology*. New York, Reinhold Book, 1966.

FAVA, N.; TORRES, M. G.; LENHARO, S. L. R.; MARTINS, E. de S.; BOAVENTURA, G. R. *Caracterização e quantificação de argilominerais por difratometria de raios-x e termogravimetria*. In: Anais do Congresso Brasileiro de Cimento (V CBC), 1999.

FERREIRA, J. M.; TAKEYA, M.; COSTA, J. M.; MOREIRA, J. A.; ASSUNPÇÃO, M.; VELOSO, J. A. V.; PEARCE, R. G. *A continuing earthquake sequence near from João Câmara, northeast Brazil – preliminary results*. Geophysical Research Letters, 14: 1042-1045. 1987.

FIGUEIREDO JR., A.; Brehme, I. Amostragem Geológica Na Pesquisa Mineral. Brazilian Journal of Geophysics, Vol. 18(3), p. 269-280, 2000.

FREIRE, G. S. S. *Geologia Marinha da Plataforma Continental do Estado do Ceará*. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Geociências. Departamento de Geologia. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 162p. 1985.

FREIRE, G. S. S.; CAVALCANTI, V. M. M.; MAIA, L. P. & LIMA, S. F. *Classificação dos Sedimentos da Plataforma Continental do Estado do Ceará*. In: Simpósio de Geologia do Nordeste; Fortaleza. Anais... Fortaleza, p. 209-211, 1997.

FREIRE, G. S. S.; CAVALCANTI, V. M. M. *A cobertura sedimentar Quaternária da Plataforma Continental do Estado do Ceará*. Fortaleza: DNPM 10º Distrito/UFC. Dep. Geol. Lab. de Geol. Mar. Apl., 1998.

FUNCEME. *Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - Meteorologia e Oceanografia*: www.funceme.br/DEMETS, 2011.

GOMES, C. F. *Argilas: o que são e para que servem*. Editora Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1988.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. *Dicionário Geológico Geomorfológico*. Ed. Bertrand, São Paulo, 1997.

GUGGENHEIM, S.; MARTIN, R. T. "Definition of clay and clay mineral: joint report of the AIPEA and CMS nomenclature committees", Clay Minerals, v.30, p. 257-259, 1995.

IBGE. Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil. Diretoria de Geociências, Rio de Janeiro, 2011.

IBRAHIM, L. *Argilominerais da porção basal da Formação Corumbataí (Bacia do Paraná) na região de Rio Claro/SP*. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro: [s.n.], 2008.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Imagens de satélite vetorizadas da região Nordeste do Brasil*. CPTEC, 2010 e 2011 <http://www1.cptec.inpe.br/satelite/indexp.html>.

KENNETT, J. P. *Marine Geology*. Prentice Hall Inc. New Jersey, 1982.

LUCAS, E. F. A.; CARANASSIOS, A.; BORLINI, M. C. *Estudos preliminares de caracterização da argila do Vale do Mulembá, Espírito Santo*. In: Anais do XV Jornada de Iniciação Científica – CETEM, 2007.

MARTINS, L. R. & COUTINHO, P. N. The brasilian continental margin. *Earth Science Reviews*, Amsterdam. Elsevier. (17):87-107. 1981.

MARTINS, L. R.; URIEN, C. M.; BUTLER, L. W. *Províncias fisiográficas e sedimentos da margem continental atlântica da América do Sul*. In: ANAIS DO VI CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA – SBG, Belém, v. 2, 1972.

MEISSNER, R. *The continental crust; a geophysical approach*. Orlando, Academic Press. P. 316-328. (International Geophysics Series, 34). 1986.

MELLO, I. S.; CARVALHO, M. A. de; FERREIRA, J. N.; GUERRA, D. L. *REVISÃO SOBRE ARGILOMINERAIS E SUAS MODIFICAÇÕES ESTRUTURAIS COM ÊNFASE EM APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS E ADSORÇÃO - UMA PESQUISA INOVADORA EM UNIVERSIDADES*. *Revista de Ciências Agro-Ambientais, Alta Floresta*, v.9, n.1, p.141-152, 2011.

MENDES, C. J. *Ambientes de sedimentação marinhos*. In: Elementos de Estratigrafia. São Paulo: T. A. Queiroz. v.12, 1992.

MEIRELES, Antônio Jeovah de Andrade, RAVENTOS, Jordi Serra i, BLANC, Carlota Montori – 2002 - Evolução Paleogeográfica da Planície Costeira de Jericoacoara, Litoral Oeste Cearense. Revista Paranaense de Geografia. Curitiba - Paraná, v.7, p.1 - 12, 2002

MILLOT, G. *Géologie des Argiles*. Masson Et Cie Editeurs, Paris, 1964.

MIURA, K. & BARBOSA, J. C. *Geologia da plataforma continental do Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26., Belém. Anais> Belém, SBG. V.2, p. 57-66. 1972.

MOORE, D. G. *The free-corer; sediment sampling without wire and winch*. Jour. Sed. Petrology. v. 31; n. 4, p. 627-630., 1961.

NEVES, L. E. *Estudo prático de argilas por difratometria de raios-x*. Boletim técnico da PETROBRÁS II, Volume 1, 1968.

OLIVEIRA, E. A.; OLIVEIRA, M. C. P.; SÁ, R. M. Introdução ao estudo da margem continental brasileira. IV Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica. Belém – PA, 2009.

PALMA, J. J. C. *Fisiografia da área oceânica*. In: SCHOBENHAUS, C. (Coord.) Geologia do Brasil. Texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais, escala 1:2.500.000. Brasília, 1984.

PINET, P. R. *Invitation to oceanography*. EUA, 2006. . Acesso: 12/08/2011.

RAJA GABAGLIA, G. P. & FIGUEIREDO, A. M. F. *Evolução dos conceitos a cerca das classificações de bacias sedimentares*. In: PETROBRÁS. Origem e evolução de bacias sedimentares. Rio de Janeiro, SDRH.CDRHS. p. 31-45. 1990.

SANTOS, P. S. *Tecnologia de argilas*. Vol. 1 Fundamentos. São Paulo: Edgard Blucher, 1975.

SANTOS, P. S. *Ciência e tecnologia de argilas*. v. 1. ed. Edgard. Blücher Ltd., 1989.

SANTOS, P. S. *Ciência e tecnologia de argilas*. v. 2. ed. Edgard. Blücher Ltd., 1989.

SHEPARD, F. P. *Submarine Geology*. Harper & Brothers, New York, 1973.

SILVA FILHO, W. F. Domínios Morfoestruturais da Plataforma Continental do Estado do Ceará. Tese de Doutorado. Doutorado em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Brasil. 2004

SOUZA, M. J. N. de. *Diagnóstico Geoambiental: Unidades Geoambientais*. In: A Zona Costeira do Ceará: Diagnóstico para Gestão Integrada. Coordenadores Alberto Alves Campos... [et al.]. Fortaleza: AQUASIS, 2003.

SUGUIO, K. *Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins*. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1998.

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

SZATMARI, J. M. & PORTO, R. *Classificação tectônica das bacias sedimentares terrestres do Brasil*. Rio de Janeiro, PETROBRÁS/CENPES. (Rel. Int.). 1982.

TAKEYA, M.; FERREIRA, J. M.; PEARCE, R. G.; ASSUMPÇÃO, M.; COSTA, J. M.; SOFIA, C.M. *The 1986-1988 intraplate earthquake sequence near João Câmara, northeast Brazil – evolution of seismicity*. Tectonophysics, 167: 117-131. 1989.

TESSLER, M. G. & MAHIQUES, M. M. *Processos oceânicos e a fisiografia dos*

fundos marinhos. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Org.). Decifrando a Terra. São Paulo: O. Textos, 2000.

TOLEDO, F. A. L. *Variações Paleoceanográficas nos últimos 30.000 anos no oeste do Atlântico Sul: Isótopos de Oxigênio, Assembléia de Foraminíferos Planctônicos e Nanofósseis Calcários*. Tese (Doutor em Geociências) - Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2000.

VITAL, H.; ESTEVES, L. S.; ARAÚJO, T. C. M. de; PATCHINEELAM, S.; M. *Oceanografia geológica e geofísica da Plataforma Continental Brasileira*. In: Quaternário do Brasil. SOUZA, C. R.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E. (Org.). Ribeirão Preto: Ed. Holos, 382 p., 2005.

WEINE, J. *Planeta Terra*. Ed. Martins Fontes, São Paulo, 1988.

WENTWORTH, C. K., *A escale of grade and class terms for clastic sediments*. Journal of Geology. USA, v. 30, 1922.

WINGE, M. *et. al. Glossário Geológico Ilustrado*. Publicado na Internet: , Acesso: 18/02/2001.