



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

**JÉSSICA PATRÍCIA CAPISTRANO LINS**

**CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA QUATERNÁRIA DO TALUDE  
CONTINENTAL DO MUNICÍPIO DE LUÍS CORREIA, PIAUÍ**

**FORTALEZA**

**2018**

JÉSSICA PATRÍCIA CAPISTRANO LINS

CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA QUATERNÁRIA DO TALUDE  
CONTINENTAL DO MUNICÍPIO DE LUÍS CORREIA, PIAUÍ

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Geologia. Área de concentração: Geologia Marinha.

Orientador: Prof. Dr. George Santander Sá Freire.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

L731c Lins, Jéssica Patrícia Capistrano.  
Caracterização sedimentológica quaternária do talude continental do município de Luís Correia, Piauí /  
Jéssica Patrícia Capistrano Lins. – 2018.  
89 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, , Fortaleza, 2018.  
Orientação: Prof. Dr. George Satander Sá Freire.

1. Talude Continental. 2. Testemunho. 3. Bioclástico. 4. Silicibioclástico. 5. Silte. I. Título.

CDD

---

JÉSSICA PATRÍCIA CAPISTRANO LINS

CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA QUATERNÁRIA DO TALUDE  
CONTINENTAL DO MUNICÍPIO DE LUÍS CORREIA, PIAUÍ

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Geologia. Área de concentração: Geologia Marinha.

Aprovada em \_\_/\_\_/\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. George Santander Sá Freire (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dr. João Capistrano de Abreu Neto  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso  
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

## AGRADECIMENTOS

A Deus.

Ao meus pais, meus maiores exemplos e incentivadores. Que estão do meu lado em todos os momentos.

A minha irmã, Quinha, minha companheira de vida, por toda paciência e carinho.

Ao Jeziel, meu companheiro de todos os momentos, com quem sempre posso contar. Por todo o seu carinho, amor e paciência.

Ao meu orientador, Prof. Dr. George Satander Sá Freire, pela orientação, apoio e confiança.

Aos amigos que fazem parte do LGMA e LGA: Daniel, Isabelly, João, Inácio, Karen, Geny, Saulo, Fernandinho, Ian, Guilherme, Sara, entre outros.

Ao Daniel por toda contribuição desde as análises até suas interpretações.

A Isabelly por sua paciência com os foraminíferos.

Ao João pela sua ajuda com os mapas.

Ao Joel por toda sua contribuição com as análises de difração e a todo o conhecimento transmitido.

Ao Irineudo, pela sua grande ajuda com os foraminíferos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará - UFC, pela possibilidade de integrar seu corpo discente e pela infraestrutura necessária ao desenvolvimento desta dissertação.

Por fim, a CAPES pelo apoio financeiro a esta pesquisa através da bolsa de mestrado.

## RESUMO

Apesar da importância e dos vários trabalhos realizados na margem continental brasileira, e especificamente sobre a plataforma continental, ainda são poucos os trabalhos realizados no talude continental, particularmente no talude do Piauí. Portanto, a presente dissertação reflete a lacuna do conhecimento sobre o talude continental do Piauí e tem como finalidade a sua caracterização sedimentológica. O estudo foi realizado através dos testemunhos SIS 720 e ANP 1286, localizados no talude continental do litoral do Piauí, os quais distam cerca de 91 e 105 km da linha de costa, compondo a porção oeste da bacia do Ceará, sub-bacia de Piauí-Camocim. A partir do levantamento cartográfico, levantamento bibliográfico, atividades de campo e análises laboratoriais foi executada a caracterização sedimentológica da região. O testemunho SIS 720 é constituído por sedimento bioclástico de fração silte, classificado como vasa calcárea. Este sedimento é composto em sua maioria por carapaças inteiras de organismos como foraminíferos planctônicos e bentônicos, em menor quantidade têm-se minerais tais como quartzo, feldspato potássico, caulinita e illita. O testemunho ANP 1286 é composto por sedimentos bioclásticos, biosiliciclásticos e silicibioclásticos, ambos de fração silte, compostos por diferentes proporções de carapaças de foraminíferos, caulinita e quartzo. Essas diferentes classificações se dão em razão da forte variação dos teores de carbonato de cálcio no testemunho, marcando mudanças na sedimentação. O elevado teor de  $\text{CaCO}_3$  presente na região é dado pela grande quantidade de carapaças de organismos, indicando um ambiente onde ocorre pouca dissolução de carbonato. Os minerais presentes são resultantes da alteração de rochas graníticas e marcam a influência de sedimentos terrígenos na região, sugere-se que estes tenham chegado ao talude por meio de fluxos gravitacionais. A presença de caulinita marca o clima tropical úmido, onde ocorrem processos acentuados de hidrólise. O predomínio do sedimento da fração silte indica um ambiente de baixa energia com lenta deposição destes sedimentos. O talude continental inferior do Piauí é marcado pela forte influência de sedimentos pelágicos, altos teores de  $\text{CaCO}_3$ , com uma menor contribuição de sedimentos terrígenos, quartzo, feldspatos e argilominerais, sendo assim o ambiente criado pela atuação conjunta de processos continentais e marinhos. Espera-se que este estudo venha fornecer suporte a uma melhor compreensão sobre este ambiente deposicional.

**Palavras-Chaves:** Talude Continental. Testemunho. Bioclástico. Silicibioclástico. Silte.

## ABSTRACT

Despite the importance and the various works carried out in the Brazilian continental margin, and specifically on the continental shelf, there are still few works in the continental slope, particularly in the slope of Piauí. Therefore, the present dissertation reflects the knowledge gap on the continental slope of Piauí and its purpose is its sedimentological characterization. The study was carried out through the testimonies SIS 720 and ANP 1286, located on the continental slope of the Piauí coast, which are about 91 and 105 km off the coastline, forming the western portion of the Ceará Basin, sub-basin of Piauí-Camocim. From the cartographic survey, bibliographical survey, field activities and laboratory analyzes, the sedimentological characterization of the region was performed. The testimony SIS 720 consists of bioclastic sediment, silt fraction, classified as calcareous vasa. This sediment is composed mostly of whole carapaces of organisms such as planktonic and benthic foraminifera, with less minerals such as quartz, potassium feldspar, kaolinite and illite. The testimony ANP 1286 is composed of bioclastic, biosiliciclastic and silicibioclastic sediments, both of silt fraction, composed of different proportions of foraminifera carapaces, kaolinite and quartz. These different classifications are due to the strong variation of the calcium carbonate contents in the testimony, marking changes in the sedimentation. The high content of  $\text{CaCO}_3$  present in the region is given by the large amount of shells of organisms, indicating an environment where little dissolution of carbonate occurs. The minerals present are the result of the alteration of granitic rocks and mark the influence of terrigenous sediments in the region, it is suggested that these have reached the slope by means of gravitational flows. The presence of kaolinite marks the humid tropical climate, where accentuated processes of hydrolysis occur. The predominance of the sediment of the silt fraction indicates a low energy environment with slow deposition of these sediments. The lower continental slope of Piauí is marked by the strong influence of pelagic sediments, high  $\text{CaCO}_3$  contents, with a lower contribution of terrigenous sediments, quartz, feldspars and clay minerals, thus being the environment created by the joint action of continental and marine processes. It is hoped that this study will provide support for a better understanding of this depositional environment.

**Keywords:** Continental Slope. Testimony. Bioclastic. Silicibioclastic. Silt.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 – Ilustração da margem continental passiva e suas províncias fisiográficas. ....	19
Figura 2.2 – Série de Goldich mostrando a estabilidade dos minerais em relação ao intemperismo. .....	25
Figura 2.3 – Teor de argilominerais em função da pluviosidade. ....	26
Figura 2.4 – Profundidade média de compensação da calcita (CCD). ....	27
Figura 2.5 – Foraminíferos planctônicos. ....	28
Figura 2.6 – Foraminíferos bentônicos. ....	28
Figura 4.1 – Testemunhador a pistão a bordo do navio Fugro Odissey. ....	36
Figura 4.2 – Processo de amostragem de um testemunhador a pistão. ....	36
Figura 4.3 – Testemunho SIS 720 após abertura. ....	37
Figura 4.4 – Testemunho ANP 1286 após abertura. ....	37
Figura 4.5 – Ficha de descrição de testemunhos. ....	39
Figura 4.6 – Peneiramento úmido. ....	40
Figura 4.7 – Agitador de peneiras tipo ROT-UP. ....	41
Figura 4.8 – Coleta da solução através do método da pipeta. ....	42
Figura 4.9 – Diagrama triangular de Shepard para classificação dos sedimentos com base nas porcentagens de areia, silte e argila. ....	45
Figura 4.10 – Calcímetro de Bernard modificado. ....	46
Figura 4.11 – Destilador de nitrogênio TCNAL, modelo TE-036/1. ....	50
Figura 4.12 – Lupa binocular. ....	53
Figura 5.1 – Representação do testemunho SIS 720 com escala centimétrica. ....	55
Figura 5.2 – Variação textural do testemunho SIS 720. ....	56



Figura 5.3 – Diagrama triangular de Shepard para classificação dos sedimentos do testemunho SIS 720 com base nas porcentagens de areia, silte e argila. ....	57
Figura 5.4 – Teores de CaCO <sub>3</sub> do testemunho SIS 720.....	58
Figura 5.5 – Relação dos teores de matéria orgânica e carbono orgânico para o testemunho SIS 720.....	60
Figura 5.6 – Teores de nitrogênio total para o testemunho SIS 720. ....	61
Figura 5.7 – Razão carbono/nitrogênio do testemunho SIS 720. ....	61
Figura 5.8 – Difratoograma da amostra 1-3 cm do testemunho SIS 720 com identificação dos picos. ....	63
Figura 5.9 – Difratoograma da amostra 9-12 cm do testemunho SIS 720 com identificação dos picos. ....	64
Figura 5.10 – Difratoograma da amostra 21-24 cm do testemunho SIS 720 com identificação dos picos. ....	64
Figura 5.11 – Difratoograma da amostra 34-37 cm do testemunho SIS 720 com identificação dos picos. ....	65
Figura 5.12 – Difratoograma da amostra 43-46 cm do testemunho SIS 720 com identificação dos picos. ....	65
Figura 5.13 – Difratoograma da amostra 52-55 cm do testemunho SIS 720 com identificação dos picos. ....	66
Figura 5.14 – Testas de foraminíferos planctônicos predominando em relação aos bentônicos no testemunho SIS 720, vistos em lupa binocular: Fp – Foraminífero plantônico; Fp – Foraminífero bentônico. ....	67
Figura 5.15 – Testas de foraminíferos planctônicos de coloração branca e amarelada e grãos de quartzo no testemunho SIS 720, vistos em lupa binocular: Fp – Foraminífero plantônico; Qtz – Quartzo. ....	67

Figura 5.16 – Testas de foraminíferos planctônicos e grãos não identificados no testemunho SIS 720, vistos em lupa binocular: Fp – Foraminífero plantônico; Gni – Grãos não identificados. ....	68
Figura 5.17 – Razão planctônico/bentônico do testemunho SIS 720. ....	69
Figura 5.18 – Representação do testemunho ANP 1286 com escala centimétrica.....	70
Figura 5.19 – Variação textural do testemunho ANP 1286.....	71
Figura 5.20 – Diagrama triangular de Shepard para classificação dos sedimentos do testemunho ANP 1286 com base nas porcentagens de areia, silte e argila. ....	72
Figura 5.21 – Teores de CaCO <sub>3</sub> do testemunho ANP 1286. ....	74
Figura 5.22 – Relação dos teores de matéria orgânica e carbono orgânico para o testemunho ANP 1286. ....	75
Figura 5.23 – Teores de nitrogênio total para o testemunho ANP 1286. ....	76
Figura 5.24 – Razão carbono/nitrogênio do testemunho ANP 1286.....	77
Figura 5.25 – Difratoograma da amostra 1-3 cm do testemunho ANP 1286 com identificação dos picos. ....	78
Figura 5.26 – Difratoograma da amostra 26-29 cm do testemunho ANP 1286 com identificação dos picos. ....	79
Figura 5.27 – Difratoograma da amostra 49-52 cm do testemunho ANP 1286 com identificação dos picos. ....	79
Figura 5.28 – Difratoograma da amostra 68-71 cm do testemunho ANP 1286 com identificação dos picos. ....	80
Figura 5.29 – Difratoograma da amostra 77-80 cm do testemunho ANP 1286 com identificação dos picos. ....	80
Figura 5.30 – Difratoograma da amostra 83-86 cm do testemunho ANP 1286 com identificação dos picos. ....	81

Figura 5.31 – Foraminíferos planctônicos e bentônicos no testemunho ANP 1286, vistos em lupa binocular: Fp – Foraminífero plantônico; Fb – Foraminífero bentônico.....	81
Figura 5.32 – Foraminíferos planctônicos, grãos de quartzo e grãos não identificados no testemunho ANP 1286, vistos em lupa binocular: Fp – Foraminífero plantônico; Qtz – Quartzo; Gni – Grãos não identificados.....	82
Figura 5.33 – Foraminíferos planctônicos e grãos não identificados no testemunho ANP 1286, vistos em lupa binocular: Fp – Foraminífero plantônico; Gni – Grãos não identificados.....	83
Figura 5.34 – Razão planctônico/bentônico do testemunho ANP 1286.....	84

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Coordenadas UTM dos testemunhos.....	17
Tabela 2.1 – Classificação dos sedimentos.....	22
Tabela 2.2 – Classificação dos sedimentos marinhos de Freire <i>et al.</i> (1997), modificado por Vital <i>et al.</i> (2005).....	24
Tabela 4.1 – Tempo para coleta das amostras de silte e argila no processo da pipetagem.....	43
Tabela 4.2 – Cálculo inicial para os pesos dos sedimentos finos em cada frasco.....	43
Tabela 4.3 – Cálculo dos pesos das frações silte grosso (1), silte médio (2), silte fino (3), silte muito fino (4) e argila (5).....	44

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	16
1.1	Apresentação	16
1.2	Objetivos	16
1.2.1	Objetivo Geral	16
1.2.2	Objetivos Específicos	16
1.3	Justificativa	17
1.4	Localização	17
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	19
2.1	Margem Continental	19
2.1.1	<i>Talude</i>	20
2.2	Sedimentologia	21
2.2.1	<i>Sedimentos</i>	21
2.2.2	<i>Sedimentos Marinhos</i>	22
2.2.3	<i>Argila</i>	24
2.2.4	<i>Foraminíferos</i>	26
<b>3</b>	<b>GEOLOGIA REGIONAL</b>	31
3.1	Bacia do Ceará	31
3.2	Evolução Tectono-Sedimentar da Bacia do Ceará	32
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	35
4.1	Levantamento Bibliográfico e Cartográfico	35
4.2	Coleta dos Testemunhos	35
4.3	Análises Laboratoriais	37

<b>4.3.1</b>	<b><i>Abertura do Testemunho</i></b> .....	37
<b>4.3.2</b>	<b><i>Descrição Macroscópica</i></b> .....	38
<b>4.3.3</b>	<b><i>Análise Granulométrica</i></b> .....	40
<b>4.3.4</b>	<b><i>Teor de Carbonato de Cálcio</i></b> .....	45
<b>4.3.5</b>	<b><i>Teor de Matéria Orgânica e Carbono Orgânico</i></b> .....	47
<b>4.3.6</b>	<b><i>Teor de Nitrogênio Total pegar a referência do método</i></b> .....	48
<b>4.3.7</b>	<b><i>Razão Carbono e Nitrogênio (Razão C/N)</i></b> .....	50
<b>4.3.8</b>	<b><i>Difração de Raios-X</i></b> .....	51
<b>4.3.9</b>	<b><i>Razão planctônicos/bentônicos (Razão P/B)</i></b> .....	52
<b>4.4</b>	<b><i>Integração e Interpretação dos Dados</i></b> .....	53
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	54
<b>5.1</b>	<b>Testemunho SIS 720</b> .....	54
<b>5.1.1</b>	<b><i>Descrição Macroscópica</i></b> .....	54
<b>5.1.2</b>	<b><i>Análise Granulométrica</i></b> .....	55
<b>5.1.3</b>	<b><i>Carbonato de cálcio</i></b> .....	58
<b>5.1.4</b>	<b><i>Matéria Orgânica e Carbono Orgânico</i></b> .....	59
<b>5.1.5</b>	<b><i>Nitrogênio Total</i></b> .....	60
<b>5.1.6</b>	<b><i>Razão Carbono/Nitrogênio</i></b> .....	61
<b>5.1.7</b>	<b><i>Difração de Raios-X</i></b> .....	62
<b>5.1.8</b>	<b><i>Razão planctônico/bentônico (Razão P/B)</i></b> .....	66
<b>5.2</b>	<b>Testemunho ANP 1286</b> .....	69
<b>5.2.1</b>	<b><i>Descrição Macroscópica</i></b> .....	69
<b>5.2.2</b>	<b><i>Análise Granulométrica</i></b> .....	71
<b>5.2.3</b>	<b><i>Carbonato de cálcio</i></b> .....	73

<i>5.2.4 Matéria Orgânica e Carbono Orgânico</i> .....	74
<i>5.2.5 Nitrogênio Total</i> .....	75
<i>5.2.6 Razão Carbono/Nitrogênio</i> .....	76
<i>5.2.7 Difração de Raios-X</i> .....	77
<i>5.2.8 Razão planctônico/bentônico (Razão P/B)</i> .....	81
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	85
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	86

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Apresentação

O talude continental é uma unidade de relevo, de constituição sedimentar, que fica entre a plataforma continental e a planície abissal e se inclina acentuadamente (1:40), até profundidades da ordem de 3.000 m (TESSLER; MAHIQUES, 2000).

O relevo do talude não é homogêneo, ocorrendo quebras de declividade e frequentemente cânions e vales submersos, onde podem ser geradas correntes de turbidez formadas por sedimentos de origem terrígena (TESSLER; MAHIQUES, 2000).

O transporte de sedimentos para o talude continental se dá principalmente pela ação da gravidade através de correntes de turbidez, corridas de lama, fluxo de sedimentos, fluxos granulares e deslizamentos. Todos os processos citados, com exceção do último, são classificados como fluxos gravitacionais (MENDES, 1984).

A sedimentação de ambientes profundos como taludes continentais pode ser constituída por diversos tipos de sedimentos, tais como os sedimentos siliciclásticos, bioclásticos, autigênicos, vulcanogênicos e cosmogênicos (D'ÁVILA *et al.*, 2008).

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 *Objetivo Geral*

Caracterização sedimentológica quaternária do talude continental do município de Luís Correia – Piauí.

### 1.2.2 *Objetivos Específicos*

- Descrever os sedimentos quanto a sua granulometria, estrutura e cor;
- Determinar o teor de carbonato de cálcio;
- Determinar a concentração de matéria orgânica, carbono orgânico e nitrogênio total;



- Determinar a razão carbono/nitrogênio;
- Identificar a composição mineralógica da fração argila;
- Determinar a razão planctônicos/bentônicos.

### 1.3 Justificativa

Apesar da importância e dos inúmeros trabalhos realizados na margem continental brasileira, esta é uma região ainda pouco conhecida se comparada com os setores emersos do território brasileiro. Da mesma forma, apesar dos vários trabalhos sobre a margem continental brasileira, e especificamente sobre a plataforma continental, ainda são poucos os trabalhos realizados no talude continental, particularmente no talude do Piauí. Portanto a presente dissertação reflete a lacuna do conhecimento sobre o talude continental do Piauí e tem como finalidade a sua caracterização sedimentológica, fornecendo informações sobre a proveniência dos grãos, o transporte e o ambiente deposicional.

### 1.4 Localização

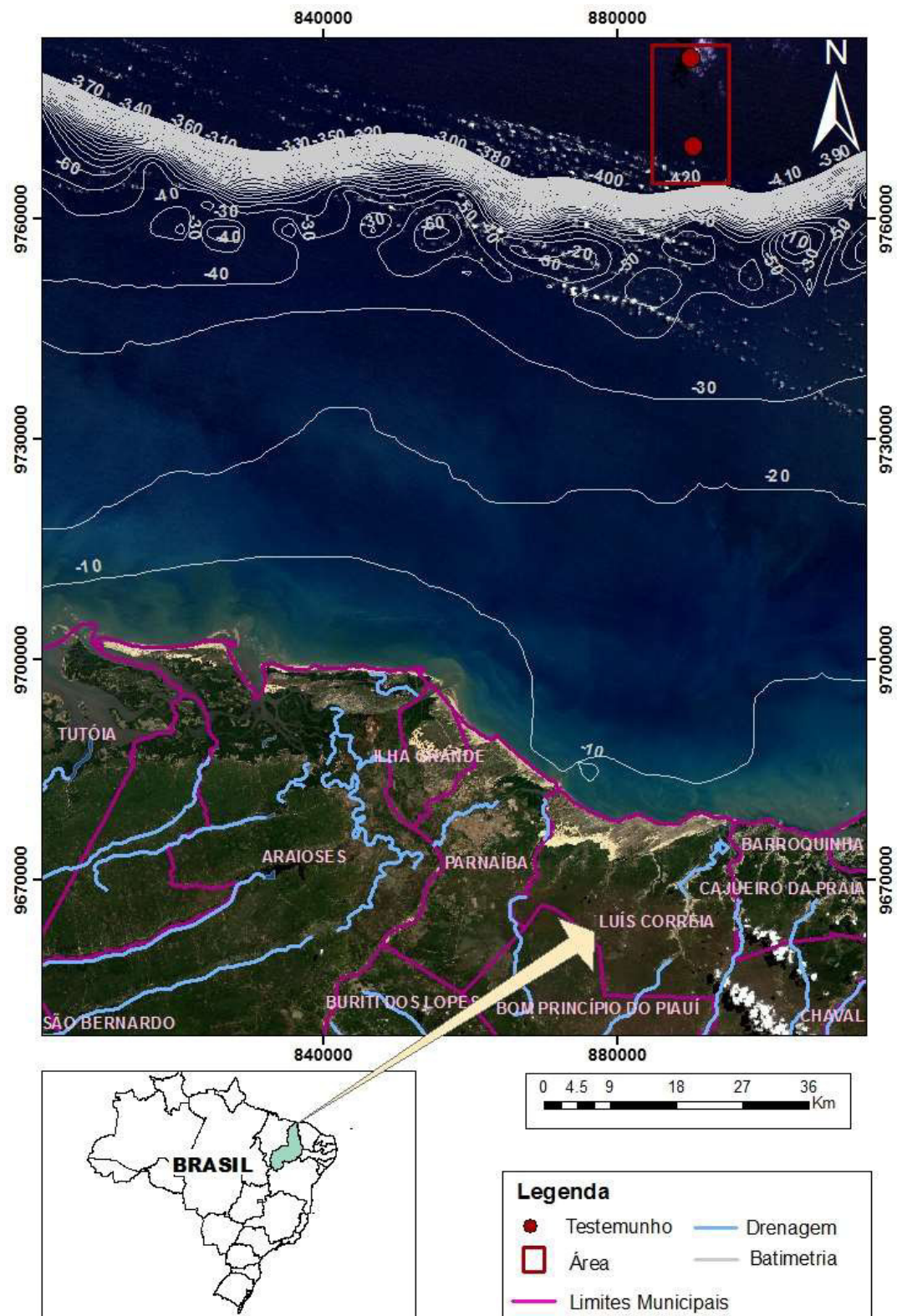
A área de estudo (Figura 1.1) está localizada na região do talude continental de Luís Correia, na porção oeste da bacia do Ceará, sub-bacia de Piauí-Camocim. O estudo foi realizado através de dois testemunhos de sondagem cedidos pela Agência Nacional do Petróleo (ANP), os testemunhos SIS 720 e ANP 1286, os quais distam, respectivamente, 91 e 105 km da linha de costa (Tabela 1.1).

Tabela 1.1 – Coordenadas UTM dos testemunhos.

Testemunho	Longitude	Latitude
SIS 720	222872.449	9770142.959
ANP 1286	222412.274	9782056.806

Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 1.1 – Mapa de localização da área.



Fonte: Elaborada pela autora.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

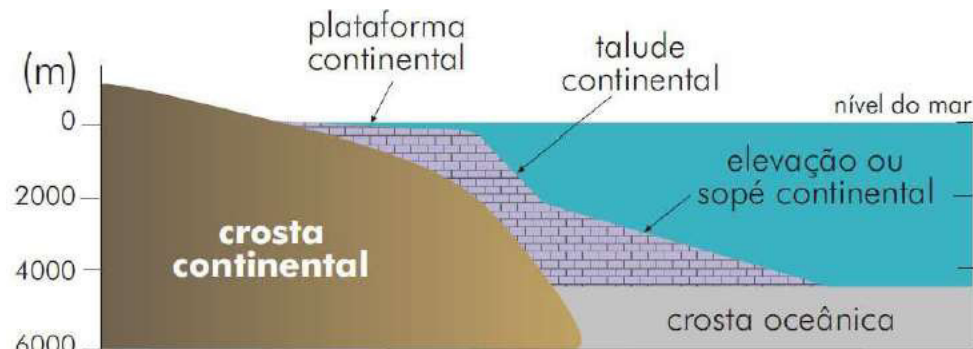
### 2.1 Margem Continental

A margem continental é a zona de transição entre os continentes e as bacias oceânicas, correspondendo a 20% da área total ocupada pelos oceanos (KENNETT, 1982).

As margens continentais são divididas em dois grupos principais em relação à morfologia e à evolução tectônica: margens do tipo atlântico e do tipo pacífico (KENNETT, 1982). As margens continentais do tipo atlântico, ou passivas, ocorrem em placas tectônicas de limites divergentes, onde há maior estabilidade tectônica. Isto possibilita a formação de uma margem mais extensa e espessa, onde predomina o acúmulo de sedimentos. Já as margens do tipo pacífico ocorrem em limites convergentes onde são tectonicamente instáveis, apresentando uma largura limitada e camadas sedimentares menos extensas.

Segundo Baptista Neto e Silva (2004), as margens continentais do tipo atlântico, como no caso da margem continental brasileira, apresentam uma fisiografia bem definida dividida em três províncias distintas (Figura 2.1): a plataforma continental, o talude continental e a elevação ou sopé continental.

Figura 2.1 – Ilustração da margem continental passiva e suas províncias fisiográficas.



Fonte: Teixeira (2000).

A plataforma continental, característica das margens continentais do tipo atlântico, apresenta normalmente gradientes de elevação suaves, inferiores a 1:1000, abrangendo a linha de costa até uma mudança brusca, onde há um aumento do gradiente topográfico, chamada de quebra da plataforma (SUGUIO, 2003; BAPTISTA NETO; SILVA, 2004). Segundo Kennet (1982) e Suguio

(2003), a morfologia da plataforma é resultado do efeito acumulativo dos processos cíclicos de erosão e deposição em relação às constantes oscilações no nível do mar.

Situada na borda ocidental do Atlântico meridional, a plataforma continental brasileira possui, aproximadamente, 8.000 km de extensão, abrangendo diversas zonas climáticas expressas no aporte diferenciado de cargas sólida e líquida. Com exceção dos aportes de sedimentos e nutrientes dos sistemas Amazonas (ao norte) e da Prata (ao sul), caracteriza-se pelo predomínio de baixa produtividade decorrente de sua localização, devido à circulação oceânica e à uma rede hidrográfica que deságua na sua quase totalidade nas extremidades norte e sul da plataforma (MUEHE; GARCEZ, 2005).

O limite externo da plataforma continental é marcado por mudanças acentuadas na declividade do relevo, esta transição, denominada de quebra da plataforma, marca a passagem para o talude continental (TESSLER; MAHIQUES, 2000).

O talude continental é normalmente a província fisiográfica submarina onde ocorre a transição entre crostas continental e oceânica, apresentando gradientes íngremes, com valores médios de cerca de 1:15, podendo ser superiores a 1:4 (BAPTISTA NETO; SILVA, 2004).

Na base dos taludes continentais, pode-se individualizar uma unidade de relevo constituída por sequências sedimentares, diretamente relacionadas aos processos de transporte e deposição de sedimentos que moldam as plataformas e talude continentais, conhecida como elevação ou sopé continental (TESSLER; MAHIQUES, 2000).

O sopé continental é constituído predominantemente por sedimentos de origem continental, muitas vezes associados a feições de deslocamento e/ou escorregamento no talude continental (TESSLER; MAHIQUES, 2000). Esta região possui largura que pode variar de 100 a 1.000 km, apresentando gradiente de elevação suave, variando de 1:40 a 1:800, com valores decrescentes em direção ao oceano aberto (BAPTISTA NETO; SILVA, 2004).

### 2.1.1 Talude

O talude continental é a área mais íngreme e com o relevo mais irregular da margem continental, possuindo *canyons*, vales e colinas oriundos de deslizamentos e da forte atividade erosiva e deposicional (FRANÇA, 1976). É nesta região onde as profundidades passam a aumentar

atingindo 3.500 m, apresentando gradientes de elevação íngremes, com média de 1:15, podendo ser superiores a 1:4 (VICALVI; PALMA, 1980; BAPTISTA NETO; SILVA, 2004).

O talude pode ser dividido em 3 setores: superior, médio e inferior. O talude superior é compreendido entre as profundidades da quebra da plataforma até aproximadamente 1.000 m, sempre se apresentando mais estreito e íngreme do que o talude inferior (HEDGPETH, 1957; GAGE; TYLER, 1991). O talude médio situa-se no intervalo de profundidade entre 1.000 e 2.000 m, onde a partir de 2.000 m se inicia o talude inferior.

Os *canyons* submarinos são incisões profundas e íngremes no fundo oceânico de plataformas e taludes continentais que atuam como condutos para o transporte de grandes quantidades de sedimentos do continente para o mar profundo (NITTROUER; WRIGHT, 1994). Este transporte é realizado na forma de fluxos gravitacionais (SHEPARD; DILL, 1966; GARDNER, 1989). Vale ressaltar a grande incidência de deslizamentos de sedimentos superficiais no talude, fazendo desta região uma área de grande instabilidade.

As correntes de turbidez se projetam a partir da borda da plataforma e do talude continental com velocidades proporcionais às diferenças de densidade entre o fluxo, o meio aquoso e à declividade do talude continental. Ocorrem em maior intensidade no talude continental com uma variedade de escalas, podendo transportar de 10 a 1000 m<sup>3</sup> de sedimento. Os depósitos sedimentares associados são denominados de turbiditos (TESSLER; MAHIQUES, 2000).

## **2.2 Sedimentologia**

É o estudo das propriedades dos sedimentos, tais como: textura, dimensão e forma das partículas. Assim como designar tudo o que é referente aos processos da dinâmica sedimentar. O desenvolvimento da sedimentologia foi estimulado pela grande importância que as características ambientais dos depósitos sedimentares têm para várias áreas do conhecimento.

### *2.2.1 Sedimentos*

São o resultado da decomposição de rochas através do intemperismo, como também da precipitação química a partir de oceanos, vales ou rios e da acumulação de detritos orgânicos

gerados por organismos vivos e mortos. São constituídos por três componentes principais: matéria orgânica em vários estados de decomposição; partículas minerais, incluindo argilominerais, carbonatos e silicatos não argilosos; e, inclusive, componentes inorgânicos de origem biogênica, como certas formas de carbonato de cálcio (WETZEL, 1983).

Estes podem ser transportados pelo ar, água ou gelo e suas características dependem da composição da rocha erodida, do agente de transporte, da duração do transporte e das condições físicas da bacia de sedimentação. A maior parte dos sedimentos tem como destino final a acumulação nas plataformas e taludes continentais, onde estão sujeitos a processos diagenéticos (DIAS, 2004).

De acordo com Wentworth (1992) os sedimentos podem ser classificados em função do tamanho de suas partículas (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 – Classificação dos sedimentos.

ESCALA DE CLASSIFICAÇÃO SEDIMENTAR DE WENTWORTH (1922)		
Sedimentos	Valor em $\phi$	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

Fonte: Pinet (2006).

### 2.2.2 Sedimentos Marinhos

São partículas insolúveis, de rochas, solos, vulcões, corpos químicos e orgânicos que são levadas da terra firme para o oceano através dos rios, córregos e lagos, como também partículas precipitadas no próprio oceano a partir de compostos químicos ou a partir da acumulação de compostos biogênicos.

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 (TESSLER; MAHIQUES, 2000). Estas partículas são transportadas para o meio marinho por meio de tração (grânulos, areias grossas e médias) ou suspensão (siltes, argilas).

No talude os sedimentos encontrados são compostos quase que exclusivamente por argilas transportadas em suspensão através de correntes de turbidez.

Os sedimentos podem ser classificados quanto a sua origem em: terrígenos (derivados do continente), biogênicos (conchas e esqueletos de organismos), autigênicos (precipitados de sais a partir da água do mar), vulcanogênicos (produtos orgânicos e hidrotermais) e cosmogênicos (meteoritos). No assoalho de bacias oceânicas há predomínio de partículas biogênicas, onde o ingresso de material terrígeno é limitado (TESSLER; MAHIQUES, 2000).

A classificação dos sedimentos do fundo marinho proposta por Freire *et al.* (1997), baseia-se, essencialmente na predominância de depósitos carbonáticos formados por uma mistura de sedimentos de origem biogênica e biodetrítica, em que são representados proporcionalmente aos conteúdos percentuais em cascalho, areia e lama. A classificação proposta por Vital *et al.* (2005) substitui o termo litoclástico por siliciclásticos, deixando os demais critérios usados na classificação inalterados (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 – Classificação dos sedimentos marinhos de Freire *et al.* (1997), modificado por Vital *et al.* (2005).

SUBDIVISÕES PRINCIPAIS	SEIXOS, GRÂNULOS, COQUINAS OU RODOLITOS L<15%; Md>2 mm	AREIAS L<15% ; areia + lama>50%; Md<2mm		SEDIMENTOS LAMOSOS L>15 %
		15%<superior a 2 mm <50%	superior a 2 mm <15%	
SEDIMENTO SILICICLÁSTICO carbonatos<30%	CL1 - Cascalho siliciclástico	AL1a - Areia siliciclástica com grânulos e cascalhos	AL1b - Areia siliciclástica	LL1 - Lama terrígena
SEDIMENTO SILICI-BIOCLÁSTICO carbonatos 30 a 50%	CL2 - Cascalho silicibioclástico	Al2a - Areia silicibioclástica com grânulos e cascalhos	AL2b - Areia silicibioclástica	LL2 - Marga arenosa
SEDIMENTO BIOSILICI-CLÁSTICO carbonatos 50 a 70%	CB 1 - Cascalho biosiliciclástico	AB1a - Areia biosiliciclástica com grânulos e cascalhos	AB1b - Areia biosiliciclástica	LB1 - Marga calcárea
SEDIMENTO BIOCLÁSTICO carbonatos>70%	CB2 - Cascalho bioclástico	AB2a - Areia bioclástica com grânulos e cascalhos	AB2b - Areia bioclástica	LB2 - Lama calcárea
<b>L = Lama; Md = Mediana</b>				

Fonte: Freire *et al.* (1997) modificado por Vital *et al.* (2005).

### 2.2.3 Argila

De modo geral, o termo argila refere-se às partículas do solo que possuem diâmetro inferior a 2 µm (micrometros) (LUNA; SCHUCHARDT, 1999). A argila é constituída essencialmente de argilominerais, podendo também conter outros minerais como a calcita, dolomita, quartzo, mica e pirita.

Argilominerais são minerais de granulação muito fina, cujas partículas exibem muitas vezes diâmetros inferiores a 2 microns, sendo compostos basicamente de Si, Al e Mg (SUGUIO, 1998). De acordo com Luna e Schuchardt (1999) os argilominerais são minerais secundários que fazem parte da composição mineralógica dos solos, resultantes do intemperismo químico de rochas. Exibem comumente hábito placóide e são silicatos hidratados, que podem ser reunidos em grupos, destacando-se os grupos das illitas, caulinitas, esmectitas e vermiculitas.



A alteração intempérica das rochas depende da natureza dos minerais constituintes da rocha inicial, entre estes minerais alguns são mais susceptíveis que outros a alteração. A sequência de estabilidade dos principais minerais frente ao intemperismo pode ser vista na figura 2.2

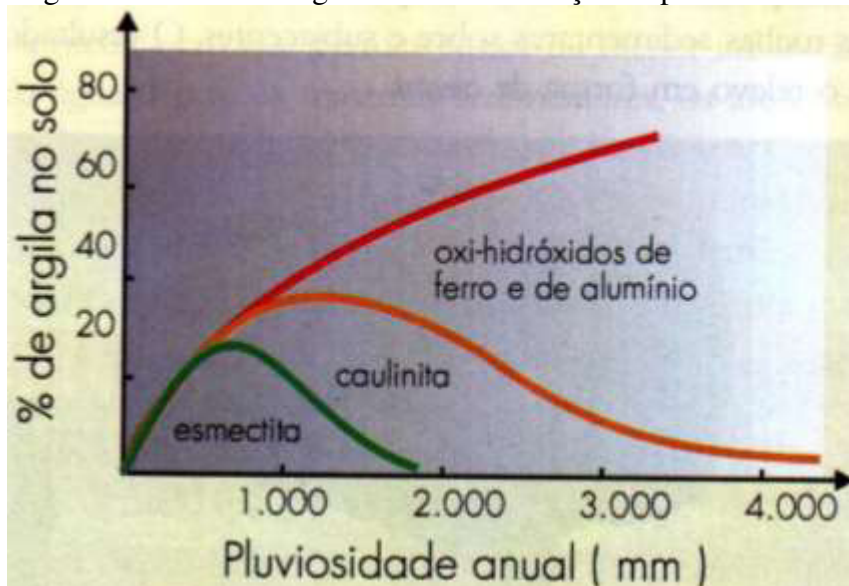
Figura 2.2 – Série de Goldich mostrando a estabilidade dos minerais em relação ao intemperismo.

ESTABILIDADE DOS MINERAIS	VELOCIDADE DE INTEMPERISMO
(Mais estável)	(Menor)
Quartzo	↓
Moscovita	
Ortoclásio	
Biotita e Plagioclásio (Na)	
Anfibólios	
Piroxênios	
Olivina e Plagioclásio (Ca)	
(Menos estável)	

Fonte: Teixeira *et al.* (2000).

A água é fundamental para a decomposição química das rochas, devido ao processo de acidificação e interação responsáveis pela decomposição química dos minerais constituintes. A partir da infiltração, percolação e da acidificação da água é que ocorre a decomposição química. Portanto, a intensidade do intemperismo é diretamente proporcional a pluviosidade, onde ocorre a maior formação de argilominerais em climas com grandes precipitações (Figura 2.3).

Figura 2.3 – Teor de argilominerais em função da pluviosidade.



Fonte: Sherman (1952).

As illitas, um produto comum do intemperismo da muscovita, diferem desta principalmente pela extensão da substituição do  $\text{Si}^{4+}$  pelo  $\text{Al}^{3+}$  nas camadas tetraédricas. É o argilomineral mais abundante, formado em regiões onde a disponibilidade de chuvas é baixa, ocorrendo processos menos intensos de intemperismo.

A caulinita é o produto da intemperização do feldspato potássico em regiões onde ocorrem estágios mais acentuados do intemperismo químico. É característica de clima tropical úmido, onde a disponibilidade de chuvas é alta.

As esmectitas são argilominerais di ou trioctaedricos, que tem a capacidade de expansão e contração de suas unidades estruturais. Formam-se em solos pouco intemperizados, como em regiões temperadas a áridas.

#### 2.2.4 Foraminíferos

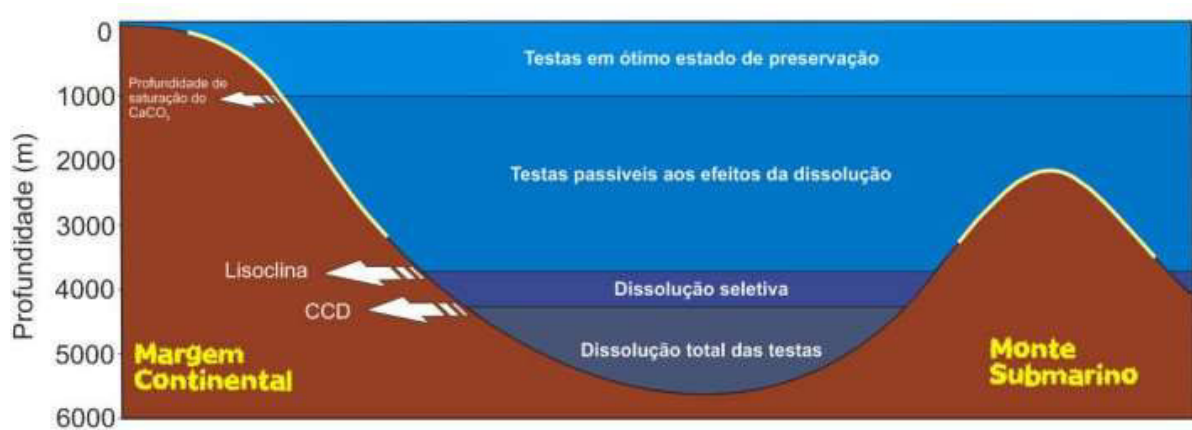
Os foraminíferos são organismos unicelulares, eucariontes, heterotróficos, e possuem a capacidade de secretar uma testa que pode ser composta por carbonato de cálcio, quartzo, partículas orgânicas ou por sedimentos aglutinados. As testas são formadas por uma ou várias câmaras, que se intercomunicam através de uma ou mais aberturas, chamadas de foramens (MOLINA, 2004).

Segundo Pianna (2010), as variações na coloração das carapaças de foraminíferos refletem a história deposicional e diagenética do sedimento. Testas de foraminíferos de coloração branca sugerem a ocorrência de uma rápida sedimentação e a presença de grãos de coloração amarela indicam lento revolvimento do sedimento (LEÃO; MACHADO, 1989).

A predominância de testas de foraminíferos inteiras indica que estas testas são transportadas por suspensão (ALVE; MURRAY, 1997).

Os foraminíferos são abundantes no sedimento marinho, porém se restringem aos primeiros 4.000 m de profundidade da coluna d'água devido a influência da “profundidade de compensação do carbonato” (CCD). A CCD (Figura 2.4) é a profundidade na qual todos os sedimentos carbonáticos são dissolvidos, podendo ser mais rasa ou mais profunda dependendo da temperatura da água e da produtividade do local.

Figura 2.4 – Profundidade média de compensação da calcita (CCD).



Fonte: Kucera (2007).

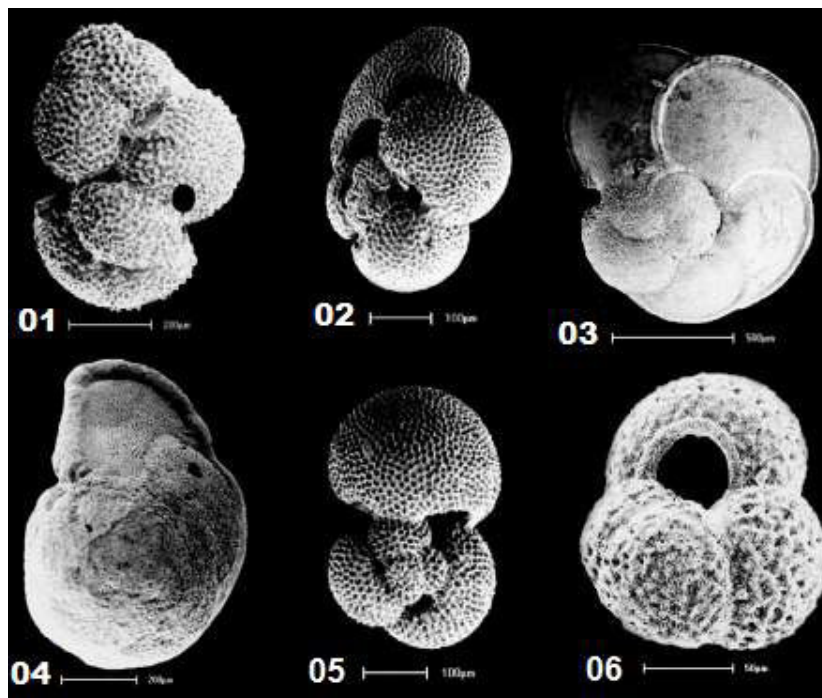
São predominantemente marinhos, representam um dos grupos eucarióticos mais diversos conhecidos e são divididos em planctônicos e bentônicos (Figura 2.5 e 2.6). O registro geológico de foraminíferos bentônicos iniciou no Período Cambriano há cerca de 500 milhões de anos, enquanto os foraminíferos planctônicos surgiram bem mais tarde no Período Jurássico, há cerca de 180 milhões de anos (PARKER; ARNOLD, 1999; KUCERA, 2007).

Os bentônicos vivem junto ao sedimento, têm hábito de vida epifaunal ou infaunal, e são abundantes próximos à costa, em águas mais rasas.

Os planctônicos não possuem organelas locomotoras, vivem em suspensão na coluna d'água, e, após a morte, decantam e se depositam no sedimento, sendo mais abundantes em regiões distantes da costa (plataforma externa e talude). Assim, são particularmente vulneráveis às correntes de água, turbulência e outros eventos hidrológicos, os quais podem causar a dispersão ou a redução da fauna planctônica a nível local (KENNET, 1982).

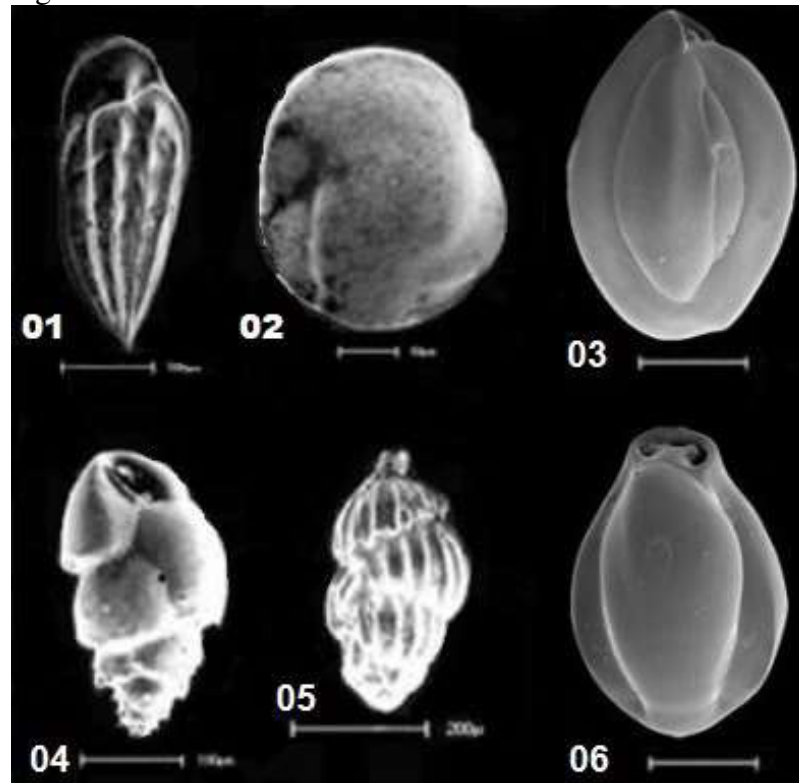
As correntes oceânicas controlam a distribuição dos foraminíferos e, especialmente para os planctônicos, é um dos fatores mais importantes (LIN, 1992).

Figura 2.5 – Foraminíferos planctônicos.



Fonte: Modificado de Araújo e Machado (2008).

Figura 2.6 – Foraminíferos bentônicos.



Fonte: Modificado de Araújo e Machado (2008).

Devido às diferenças de habitats, os foraminíferos, podem apresentar uma elevada biodiversidade e abundância. Um índice ecológico utilizado no estudo da distribuição dos foraminíferos é a razão planctônicos/bentônicos (WONGTSCHOWSKI, 2014).

Grimsdale e Van Morkhoven (1955) publicaram um estudo sobre a aplicação da razão entre foraminíferos planctônicos e bentônicos (razão P/B) em reconstruções paleobatimétricas. Este trabalho seguiu os estudos de Phleger (1951), que também apontam para a relação entre a razão P/B e a profundidade. Estes autores estabeleceram que a proporção de foraminíferos planctônicos em relação a fauna total aumenta sistematicamente em direção às águas profundas.

A partir da distribuição dos foraminíferos ao longo do testemunho é possível compreender as variações verticais das bacias sedimentares, bem como estabelecer as curvas de nível do fundo marinho (VAN DER ZWAAN *et al.*, 1990).

Uma maior razão de foraminíferos planctônicos indica um aumento vertical da coluna d'água e uma maior distância da costa (MURRAY; ALVE, 2002; SMART, 2002).

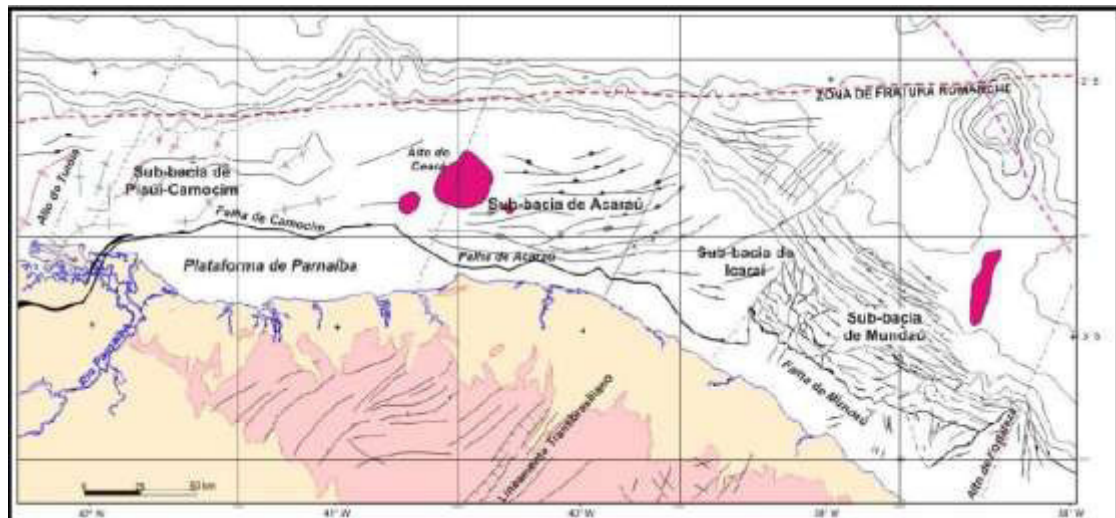
A plataforma continental interna é caracterizada por razão P/B menor que 20%; a plataforma continental média por 20 a 60%; a plataforma continental externa por 40 a 70 %; e o talude continental superior por razão maior que 70% (MURRAY, 1995). O talude continental inferior é caracterizado por razão igual ou superior a 90% (BOERSMA, 1983).



As sub-bacias de Icaraí e Acaraú estão separadas pelo prolongamento norte do Lineamento Sobral-Pedro II (Lineamento Transbrasiliiano), estando à última separada da sub-bacia de Piauí-Camocim pelo Alto do Ceará, feição positiva de provável origem magmática (MORAIS NETO *et al.*, 2003). A sub-bacia de Mundaú, por sua vez, limita-se com a sub-bacia de Icaraí por uma importante inflexão da falha de borda, no prolongamento nordeste da falha de Forquilha (MORAIS NETO *et al.*, 2003).

Nas sub-bacias de Icaraí, Acaraú e Piauí-Camocim, situadas no domínio transpressivo, os principais traços estruturais alinham-se nas direções E-W e NE-SW, claramente influenciados pela movimentação direcional associada à tectônica transcorrente ao longo daquele megacorredor de cisalhamento dextral (MORAIS NETO *et al.*, 2003).

Figura 3.2 – Localização, limites e arcabouço da Bacia do Ceará.



Fonte: Morais Neto *et al.* (2003).

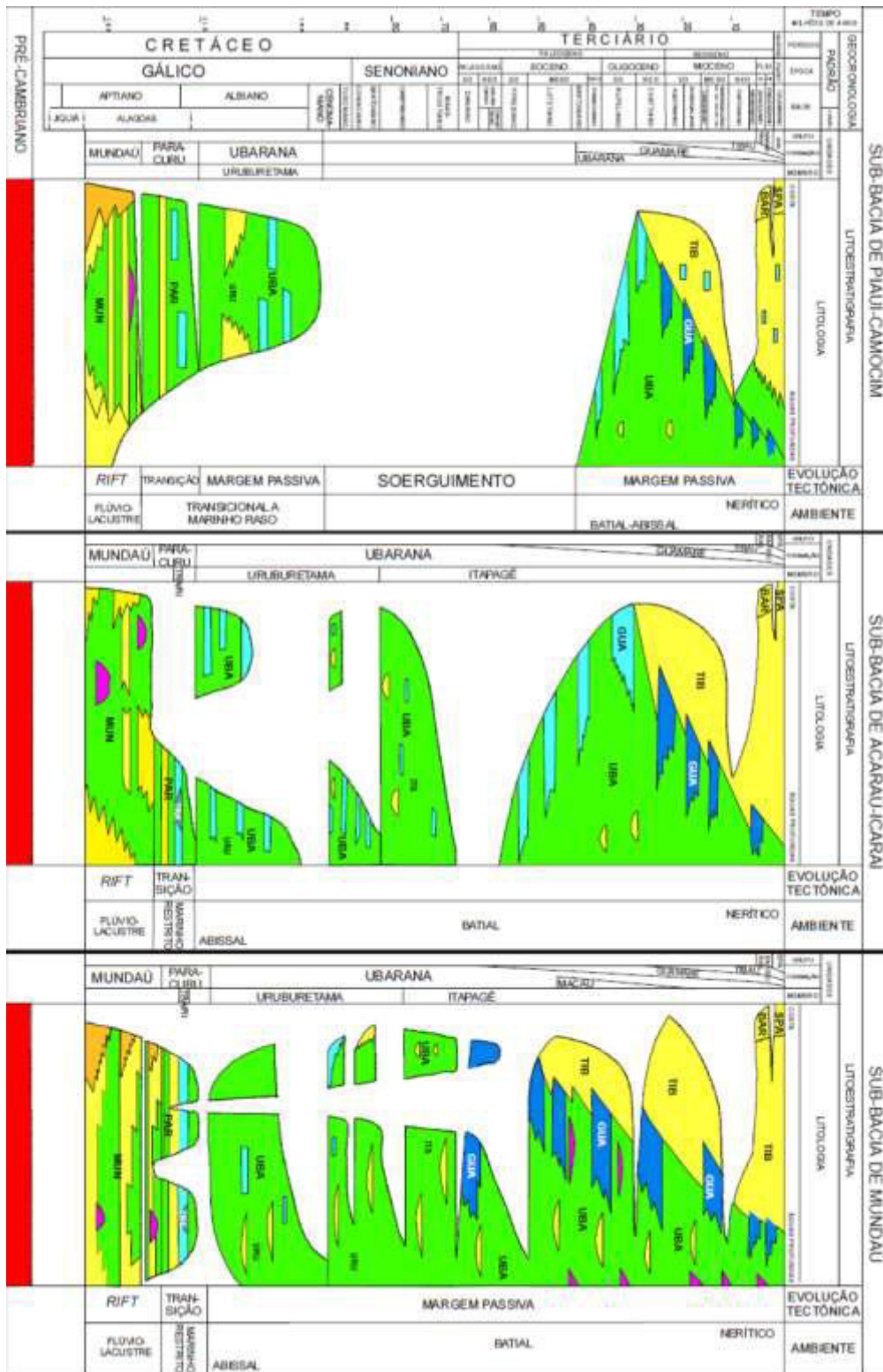
### 3.2 Evolução Tectono-Sedimentar da Bacia do Ceará

Sua origem está relacionada a ruptura do supercontinente Gondwana e provavelmente iniciou sua evolução no Eoaptiano (COSTA *et al.*, 1989; BELTRAMI *et al.*, 1994). Tal inferência dá-se a partir da grande espessura de sedimentos, ainda não atingido por poços, sob a seção aptiana da bacia e pela considerável espessura de rochas sedimentares paleozoicas e mesozoicas presentes na Bacia de Keta, que é considerada sua contraparte africana (COSTA *et al.*, 1989).



Segundo Costa *et al.* (1989) e Beltrami *et al.* (1994), foram reconhecidos três estágios tectono-sedimentares na bacia (Figura 3.3), responsáveis pela deposição de sequências litoestratigráficas correspondentes: Fase rifte; Fase transicional (ou Pós-rifte) e Fase drifte.

Figura 3.3 – Carta estratigráfica composta da Bacia do Ceará.



Fonte: Morais Neto *et al.* (2003).

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

Os procedimentos metodológicos utilizados buscam o melhor entendimento da sedimentologia do talude continental de Luís Correia através do levantamento bibliográfico, fotográfico e cartográfico, coleta dos testemunhos, análises laboratoriais, integração e interpretação dos dados até a divulgação da pesquisa.

### **4.1 Levantamento Bibliográfico e Cartográfico**

Realizou-se uma revisão acerca dos estudos desenvolvidos em áreas semelhantes, que abordem o talude continental ou a Bacia do Ceará. Através de dados cartográficos adquiridos por meio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), dados batimétricos do NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) e imagem do satélite *Landsat 8* (órbita 219/ ponto 62), foi elaborada o mapa de localização dos testemunhos. Os dados batimétricos adquiridos foram corrigidos de acordo com as cartas náuticas da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN).

### **4.2 Coleta dos Testemunhos**

Os testemunhos SIS 720 e ANP 1286 (Figura 1.1) foram coletados no talude continental do Piauí, município de Luís Correia, pelo navio Fugro Odissey na campanha da Agência Nacional do Petróleo (ANP) entre os dias 30 de junho e 21 de julho de 2011. Os testemunhos foram cedidos pela Agência Nacional do Petróleo (ANP) ao Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada (LGMA), da Universidade Federal do Ceará (UFC).

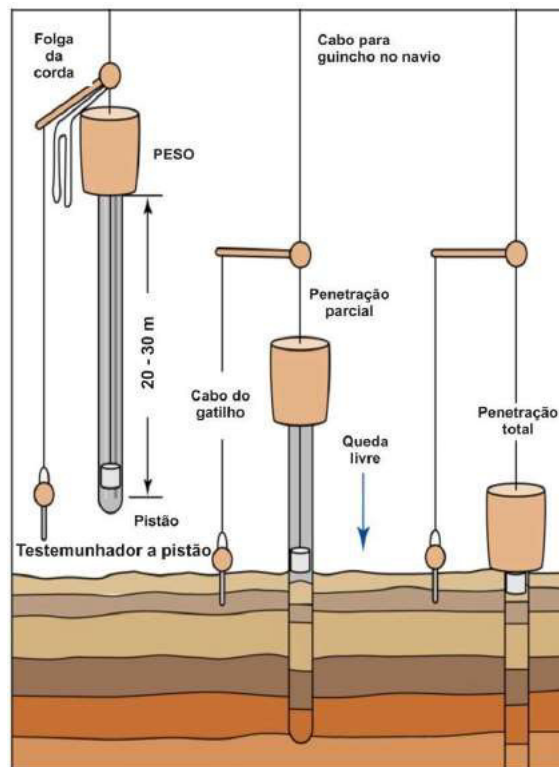
Para a coleta foi usado o testemunhador a pistão (Figura 4.1) que utiliza o processo de “queda livre” para coleta de sedimentos lamosos inconsolidados (Figura 4.2).

Figura 4.1 – Testemunhador a pistão a bordo do navio Fugro Odissey.



Fonte: Abreu Neto (2012).

Figura 4.2 – Processo de amostragem de um testemunhador a pistão.



Fonte: Adaptado de Pinet (2006).

### 4.3 Análises Laboratoriais

#### 4.3.1 Abertura do Testemunho

Os tubos de PVC contendo os testemunhos de sedimentos foram colocados em uma base para ficarem totalmente presos. Com auxílio de uma serra elétrica foram cortados verticalmente, em dois semi-cilindros, sem atingir o sedimento. Posteriormente, passa-se um fio de *nylon* pela abertura do tubo ao longo de todo o comprimento do mesmo, de forma que o testemunho seja dividido em duas metades simétricas (Figura 4.3 e 4.4). Uma das metades foi utilizada para análises, a qual foi seccionada em 6 amostras para o testemunho SIS 720 e em 9 amostras para o testemunho ANP 1286.

Figura 4.3 – Testemunho SIS 720 após abertura.



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 4.4 – Testemunho ANP 1286 após abertura.



Fonte: Elaborada pela autora.

#### 4.3.2 *Descrição Macroscópica*

Foram descritos aspectos como, tipo de sedimento, cores, contatos (brusco ou gradacional), estruturas (homogênea, laminada, gradual, cruzada ou mosqueada) e biodetritos. Cada aspecto encontrado foi descrito de acordo com o nível centimétrico no qual se encontra em relação ao testemunho. Os aspectos descritos acima podem ser visualizados na figura 4.5 que representa a ficha de descrição de testemunhos.

Para a descrição das cores foi utilizada a *Rock-Color Chart* (CHAIRMAN *et al.*, 1984), oriunda da Carta de Munsell (Carta de cores para descrição de solos), onde cada cor é indicada por um nome (light olive gray) e um código (5 Y 5/2).



### 4.3.3 *Análise Granulométrica*

Esta análise inicia-se com o peneiramento úmido para a separação dos sedimentos finos (silte e argila) dos demais sedimentos (cascalho e areia). Após esta separação faz-se o peneiramento granulométrico da fração mais grossa e a pipetagem da fração mais fina. A descrição destes procedimentos pode ser observada a seguir.

#### 4.3.3.1 Peneiramento Úmido

Para o peneiramento úmido foi utilizado 40 g de cada amostra, onde a amostra é lavada sobre uma peneira com uma malha de abertura de 0,062 mm onde a fração menor a esta peneira (silte e argila) passa e decanta em um balde (Figura 4.6). O Material retido na peneira é levado a estufa (60°) e posteriormente, é usado no peneiramento seco. O sedimento que passa da peneira e fica retido no balde decanta por 48h, aproximadamente, onde toda água é retirada e o sedimento é levado a estufa para secagem (60°), o sedimento seco será guardado e usado, posteriormente, na pipetagem.

Figura 4.6 – Peneiramento úmido.



Fonte: Elaborada pela autora.



#### 4.3.3.2 Peneiramento Seco

Para o peneiramento seco são usados os sedimentos que ficaram retidos na peneira de 0,062 mm durante o peneiramento úmido. Estes sedimentos vão para a estufa secar e após a secagem eles são transferidos para a peneira de malha 5,660 mm que é encaixada em um conjunto de 14 peneiras (malhas variando desde 5,660 mm até 0,062 mm) acoplada ao agitador de peneiras tipo ROT-UP (Figura 4.7). As amostras são agitadas durante 10 minutos, onde estas ficam retidas em diferentes peneiras, a amostra de cada fração é pesada e guardada separadamente.

Figura 4.7 – Agitador de peneiras tipo ROT-UP.



Fonte: Elaborada pela autora.

#### 4.3.3.3 Método da Pipeta

O método da pipeta visa a obtenção do percentual das frações de 0,032; 0,016; 0,008; 0,004 e 0,002 mm. Este método é baseado na Lei de Stokes, o qual considera o tamanho das partículas no processo de decantação, onde partículas maiores possuem uma velocidade maior de decantação em relação às partículas menores.

Usam-se os sedimentos que passaram da peneira e ficaram retidos no balde durante o peneiramento úmido. Estes sedimentos foram secados na estufa e seguidamente transferidos para uma proveta de 1000 ml. Foi adicionado água para completar o volume da proveta e 0,67 g de oxalato de sódio ( $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ). Esta solução foi agitada com o auxílio de um bastão até a homogeneização da mesma.

Após a homogeneização foram realizadas cinco coletas da solução (Figura 4.8), onde a primeira foi efetuada 20 cm abaixo da marcação de 1000 ml da proveta e as demais foram coletadas 10 cm abaixo da marcação. Estas coletas seguiram uma ordem cronológica a qual pode ser observada na tabela 4.1.

Figura 4.8 – Coleta da solução através do método da pipeta.



Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 4.1 – Tempo para coleta das amostras de silte e argila no processo da pipetagem.

<b>Frasco</b>	<b>Diâmetro (mm)</b>	<b>Profundidade (cm)</b>	<b>Tempo (h:min:s)</b>
1	0,031	20	00:00:58
2	0,016	10	00:03:52
3	0,008	10	00:07:44
4	0,004	10	00:31:00
5	0,002	10	02:03:00

Fonte: Suguio (1973).

As amostras coletadas foram colocadas em diferentes recipientes que foram levados a estufa a 60°C para secagem, após a secagem os sedimentos foram pesados. Para o cálculo inicial dos sedimentos finos, primeiro calcula-se a diferença entre o frasco seco e o frasco com amostra e o oxalato de sódio, subtrai-se por 0,013 g (oxalato de sódio num volume de 20 ml) e multiplica-se por 50 (a pipeta de 20 ml equivale a 1/50 do volume total), como pode ser observado na tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Cálculo inicial para os pesos dos sedimentos finos em cada frasco.

<b>Frasco</b>	<b>Frasco seco</b>	<b>Frasco cheio</b>	<b>Conteúdo de cada vidro (Hn)</b>
			<b>(amostra + oxalato)</b>
1	A	A'	$50 * (A' - A - 0.013) = H1$
2	B	B'	$50 * (B' - B - 0.013) = H2$
3	C	C'	$50 * (C' - C - 0.013) = H3$
4	D	D'	$50 * (D' - D - 0.013) = H4$
5	E	E'	$50 * (E' - E - 0.013) = H5$

Fonte: Suguio (1973).

Posteriormente, se subtrai 40 g pelo peso total retido nas peneiras para obter-se o peso total de finos e prosseguir para o cálculo mostrado na tabela 4.3.

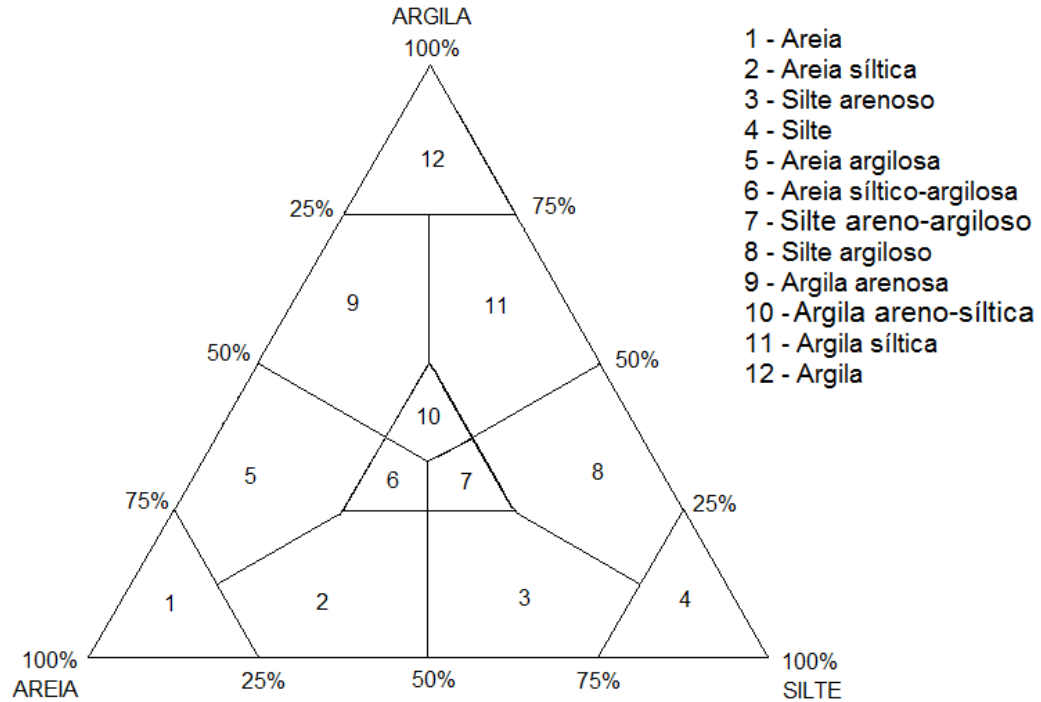
Tabela 4.3 – Cálculo dos pesos das frações silte grosso (1), silte médio (2), silte fino (3), silte muito fino (4) e argila (5).

<b>Frasco</b>	<b>Conteúdo do frasco (Hn)</b>	<b>Fórmula do cálculo</b>	<b>Diâmetro (mm)</b>
Peso total de finos – H1			
<b>1</b>	H1	H1 – H2	0,032
<b>2</b>	H2	H2 – H3	0,016
<b>3</b>	H3	H3 – H4	0,008
<b>4</b>	H4	H4 – H5	0,004
<b>5</b>	H5	H5	0,002

Fonte: Suguio (1973).

Com os resultados dos cálculos obtêm-se os percentuais de silte a partir da soma dos pesos finais relativos aos diâmetros entre 0,032 mm e 0,004 mm e o percentual de argila equivale ao peso final do material com diâmetro inferior a 0,002 mm. Para classificação granulométrica dos sedimentos com teor acima de 75,00% de finos, usa-se o diagrama triangular (Figura 4.9) que utiliza os percentuais de areia, silte e argila.

Figura 4.9 – Diagrama triangular de Shepard para classificação dos sedimentos com base nas porcentagens de areia, silte e argila.



Fonte: Shepard (1954).

#### 4.3.4 Teor de Carbonato de Cálcio

Foi utilizado o método do calcímetro de Bernard modificado, descrito em Lamas *et al.* (2005), que consiste na medição indireta do teor de  $\text{CaCO}_3$  a partir da reação entre o ácido clorídrico (HCl) a 10% com o sedimento (Figura 4.10).

Figura 4.10 – Calcímetro de Bernard modificado.



Fonte: Elaborada pela autora.

A amostra é triturada e pesada até atingir 0,50 g, depois é transferida para um *erlenmeyer* com tubo lateral acoplado, neste tubo insere-se 3 ml de HCl a 10% sem que este reaja com a amostra. Os mesmos procedimentos são realizados com 0,50 g de CaCO<sub>3</sub> puro (amostra padrão). O *erlenmeyer* é vedado com uma rolha a qual possui uma mangueira conectada a dois tubos de vidro graduados, nos tubos tem-se 50 ml de uma solução salina saturada, preparada com 35,00 g de NaCl estão dissolvidos em 100 ml de H<sub>2</sub>O.

Inicia-se a reação entre o HCl a 10% com o CaCO<sub>3</sub> puro, onde ocorre a produção de CO<sub>2</sub>. Este gás é liberado no interior do calcímetro e desloca assim a solução salina, quando a liberação de gás cessar anota-se o nível final e com a diferença dos níveis inicial e final obtém-se o volume de CO<sub>2</sub> produzido na reação, este valor será o padrão das amostras. Repete-se o processo para a duplicata de CaCO<sub>3</sub> e depois para as amostras.

Para calcular o teor de  $\text{CaCO}_3$  divide-se o volume de  $\text{CO}_2$  liberado da amostra pela média aritmética entre o volume liberado do padrão e sua duplicata, em seguida multiplica-se por 100 e obtém-se, de forma indireta, o teor (%) de  $\text{CaCO}_3$  da amostra para então classificá-la de acordo com a classificação dos sedimentos marinhos de Freire *et al.* (1997) modificada por Vital *et al.* (2005), esta classificação pode ser observada na tabela 2.2.

#### 4.3.5 Teor de Matéria Orgânica e Carbono Orgânico

A principal fonte de matéria orgânica primária para os sedimentos marinhos são detritos de comunidades fitoplantônicas que vivem na zona fótica destes corpos d'água, porém, os ambientes deposicionais próximos aos rios também fornecem uma grande contribuição de detritos de matéria orgânica terrestres para os sedimentos (MEYERS, 1997). A matéria orgânica pode ser usada como indicador de ambiente deposicional e de processos sedimentares (WU *et al.*, 2011).

A determinação da matéria orgânica nos sedimentos é muito utilizada na correlação com a produtividade de águas superficiais, aporte de materiais continentais para o oceano, potencial de oxidação e taxa de sedimentação (MEYERS, 1997; MAHIQUES *et al.*, 1999). Maiores concentrações de matéria orgânica estão associadas a áreas com baixa movimentação junto ao fundo e ao maior teor de sedimentos finos (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Em ambientes naturais a matéria orgânica é composta principalmente de carbono (52% a 58%) e oxigênio (34% a 45%), seguido de nitrogênio e hidrogênio (3,3% a 8%). Uma forma de se estimar a quantidade de matéria orgânica presente no sedimento é através do teor de carbono orgânico total, uma vez que este representa mais de 50% da constituição da matéria orgânica.

Para a determinação do teor de matéria orgânica dos sedimentos foi utilizado o método de Walkley-Black modificado (1934), descrito a seguir:

Coloca-se 0,50 g de amostra (diâmetro inferior a 2,0 mm) em um *erlenmeyer* de 250 ml e adiciona-se 10 ml de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ;

- Em seguida, adiciona-se 20 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado e agita-se o *erlenmeyer* durante um minuto. Deixar em repouso por 30 minutos;
- Adiciona-se 200 ml de  $\text{H}_2\text{O}$  destilada, 10 ml de  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , 0,2 g de NaF e dez gotas de difenilamina;

- Titula-se com sulfato ferroso amoniacal  $[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2]$  até a solução adquirir uma coloração esverdeada.

Todo este processo acima citado também deve ser realizado com um *erlenmeyer* sem adição da amostra, para servir como material padrão.

Após a titulação, usa-se uma equação para calcular a concentração de carbono orgânico (g/kg), descrita a seguir:

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

**Onde:**

**TFSE** = terra fina seca em estufa;

**V** = volume de bicromato de potássio utilizado;

**V<sub>a</sub>** = volume de sulfato ferroso amoniacal usado na titulação da amostra;

**V<sub>b</sub>** = volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da prova em branco;

**0,06** = fator de correção, a partir das alíquotas tomadas;

**f** = fator de correção para TFSE.

Para calcular a quantidade de matéria orgânica presente na amostra utiliza-se a reação a seguir:

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

#### 4.3.6 Teor de Nitrogênio Total pegar a referência do método

Foi utilizado o método de Kjeldahl por via úmida (EMBRAPA, 1997), onde o nitrogênio é convertido em sulfato de amônio através da oxidação com uma mistura de  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  e  $\text{NaSO}_4$  ou  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (mineralização).

Em meio alcalino, o sulfato de amônio convertido de matéria orgânica libera amônio que, em câmara de difusão, é complexada em solução de ácido bórico contendo indicador misto, sendo finalmente determinado por acidimetria ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  ou  $\text{HCl}$ ). Este processo é detalhado a seguir:



- Primeiramente pesa-se 0,7 g de amostra (diâmetro inferior a 2,000 mm) e coloca-se num balão kjedahl de 100 ml;
- Adiciona-se 15 ml da solução extratora e proceder a digestão, fervendo o conteúdo durante uma hora ou mais, até destruição completa da matéria orgânica;
- Após o tubo estar frio adiciona-se água destilada e agita-se para a homogeneização;
- No destilador de nitrogênio (Figura 4.11) é encaixado tubo e adicionado NaOH 40% (com 0,5 g de fenolftaleína) até a solução alcalinizar (exibir uma cor rósea);
- Coloca-se no final do destilador um *erlenmeyer* com 15 ml de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 4% com indicador misto (Vermelho de metila 0,1% e Verde de bromocresol 0,1%) que exibe uma coloração alaranjada em meio ácido, inicia-se a destilação da amônia durante 5 minutos, onde no *erlenmeyer* a amônia presente da amostra forma um complexo com o ácido bórico e mostra uma coloração cinza-esverdeada a azul.
- Finalmente é feita a titulação da amônia destilada, utilizando H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,01N até que atinja uma coloração alaranjada.

Estes procedimentos devem ser realizados também em um balão kjedahl vazio (sem amostra), para que este seja usado como valor padrão.

Figura 4.11 – Destilador de nitrogênio TCNAL, modelo TE-036/1.



Fonte: Elaborada pela autora.

Para o cálculo do teor de nitrogênio é utilizada a seguinte fórmula:

$$NT \text{ (g/kg)} = V_a - V_b$$

**Onde:**

**V<sub>a</sub>** = volume de HCl utilizado na titulação da amostra;

**V<sub>b</sub>** = volume de HCl utilizado na prova em branco.

#### 4.3.7 Razão Carbono e Nitrogênio (Razão C/N)

A razão elementar entre o carbono e nitrogênio (razão C/N) é calculada a partir da divisão dos resultados obtidos na análise de teor de carbono orgânico pelos resultados da análise do teor de nitrogênio total.

Devido ao diferente conteúdo de carbono e nitrogênio orgânico presente nos produtores primários terrestres e aquáticos, a razão entre o carbono e nitrogênio (Razão C/N) tem sido uma ferramenta bastante utilizada na caracterização do aporte da matéria orgânica para o ambiente aquático, a qual pode fornecer informações sobre a natureza e origem da matéria orgânica, que pode estar associada a plantas terrestres ou a algas marinhas (MEYERS, 1997).

Auxilia na caracterização de áreas propensas a circulação hidrodinâmica, visto que maiores concentrações de matéria orgânica estão associadas a áreas com baixa movimentação junto ao fundo e ao maior teor de sedimentos finos; (OLIVEIRA *et al.*, 2014)

Meyers e Ishiwatari (1993); Meyers, (2003); Kendall *et al.* (2001), Usui *et al.* (2006), Hu *et al.* (2006), consideram razão C/N entre 4 e 10 para algas, e razão C/N > 20 para vegetais vasculares terrestres. Razão C/N entre 10 e 20 são indicativos de fontes mistas de matéria orgânica (terrestres e marinhas). Para estes autores, esta distinção ocorre em função das diferenças nos componentes estruturais das fontes, pois, as plantas vasculares são abundantes em compostos ricos em carbonos como a lignina e a celulose. Os fitoplânctons, por sua vez, são compostos formados principalmente de proteínas, que possuem abundância em nitrogênio.

Logo, quando o sedimento apresenta elevada razão C/N, domínio de compostos orgânicos não-nitrogenados sobre os nitrogenados, correspondem a períodos de maior influxo de matéria orgânica continental, enquanto valores mais baixos da razão C/N são indicativos de maior contribuição de matéria orgânica de origem pelágica, ou mesmo devido a melhores condições de preservação do nitrogênio.

#### 4.3.8 Difração de Raios-X

A Difração de raios-x é a mais poderosa ferramenta para o estudo dos minerais presentes na fração argila, levando em consideração que estes não podem ser identificados exclusivamente pelas suas propriedades físicas e ópticas, sua classificação depende muito das propriedades cristalográficas e das propriedades reveladas pela difração de raios-x.

As análises foram realizadas no Laboratório de Raios-X do Departamento de Física da UFC em um difratômetro de modelo *XPert Pro MPD – Panalytical*. Com 2,0 g da fração argila prepara-se uma solução argila-água com uma concentração de 60,0 mg de argila para 1 cm<sup>3</sup> de água

destilada. Retira-se com uma pipeta 3,0 ml da solução e deposita-se sobre uma lâmina de vidro, a qual é colocada na estufa para secagem. Após a secagem a lâmina é usada para a análise de difração de raios-x, varrendo-se de 2 a 46° (escala 2θ).

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 de cada fase. Para a interpretação dos difratogramas foi utilizado o programa *X'Pert HighScore Plus*.

#### 4.3.9 Razão planctônicos/bentônicos (Razão P/B)

A análise foi realizada no Laboratório de Geologia Marinha do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará através de uma lupa binocular (4.12).

Foi executada a partir da contagem de 300 foraminíferos por amostra, da fração 0,354 mm (areia média), classificando-os em planctônicos e bentônicos para então calcular-se a razão entre foraminíferos bentônicos e planctônicos. A razão é expressa em porcentagem e é calculada através da seguinte expressão:

$$P/B (\%) = P / F \times 100$$

**Onde:**

**P** = número total de carapaças planctônicas;

**B** = número total de carapaças bentônicas;

**F** = número total de foraminíferos.

A razão entre foraminíferos planctônicos/bentônicos é usada na reconstrução de paleopropriedades, onde a proporção de foraminíferos planctônicos, em relação á biota total, aumenta sistematicamente em direção a águas mais profundas (GRIMSDALE; VAN MORKHOVEN, 1955). Uma maior razão de foraminíferos planctônicos indicam um aumento vertical da coluna d'água e uma maior distância da costa (MURRAY; ALVE, 2002; SMART, 2002).

Figura 4.12 – Lupa binocular.



Fonte: Elaborada pela autora.

#### **4.4 Integração e Interpretação dos Dados**

Os dados referentes às análises foram integrados com o auxílio de softwares como ANASED 5.0, *ArcGIS 9.3* e *Corel Draw X3*, posteriormente estes dados foram interpretados e descritos na presente dissertação.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussões de cada análise serão descritos para cada testemunho separadamente.

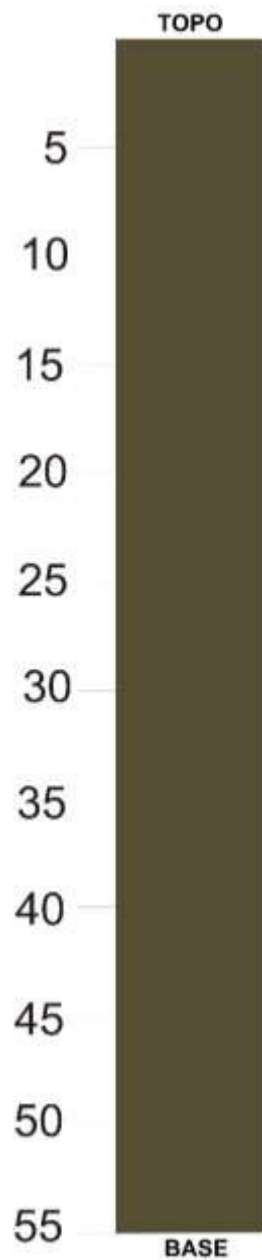
### 5.1 Testemunho SIS 720

O testemunho foi coletado distando, aproximadamente, 91 km da linha de costa do município de Luís Correia a uma profundidade de 1791 m. Possui 55 cm de comprimento e foi seccionado em seis amostras para realização das análises.

#### 5.1.1 *Descrição Macroscópica*

O testemunho é uniforme no que se refere ao tipo de sedimento, coloração e estrutura (Figura 5.1). É composto por lama com estrutura homogênea de coloração *ligh olive gray*.

Figura 5.1 – Representação do testemunho SIS 720 com escala centimétrica.

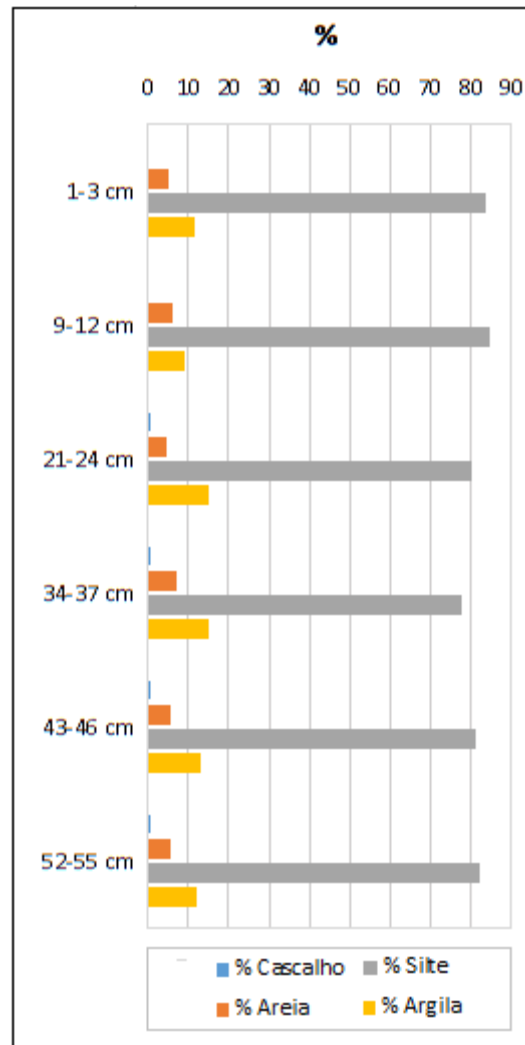


Fonte: Elaborada pela autora.

### 5.1.2 Análise Granulométrica

A partir dos resultados da análise granulométrica foi elaborada um gráfico com a relação dos percentuais de cascalho, areia, silte e argila para o testemunho SIS 720 (Figura 5.2).

Figura 5.2 – Variação textural do testemunho SIS 720.



Fonte: Elaborada pela autora.

O testemunho é composto predominantemente por silte com menores proporções de argila, areia e cascalho. A fração cascalho tem valores variando de 0% a 0,025% com média de 0,016%, onde o menor deles se encontra no topo do testemunho (1-3 cm). As partículas de cascalho representam menos de 1% dos percentuais granulométricos encontrados no testemunho. Toda a fração cascalho presente é composta essencialmente por bióticos.

Os valores de areia variam de 4,59% a 7,46% com média de 5,72%, estando o maior destes no nível de 34-37 cm.

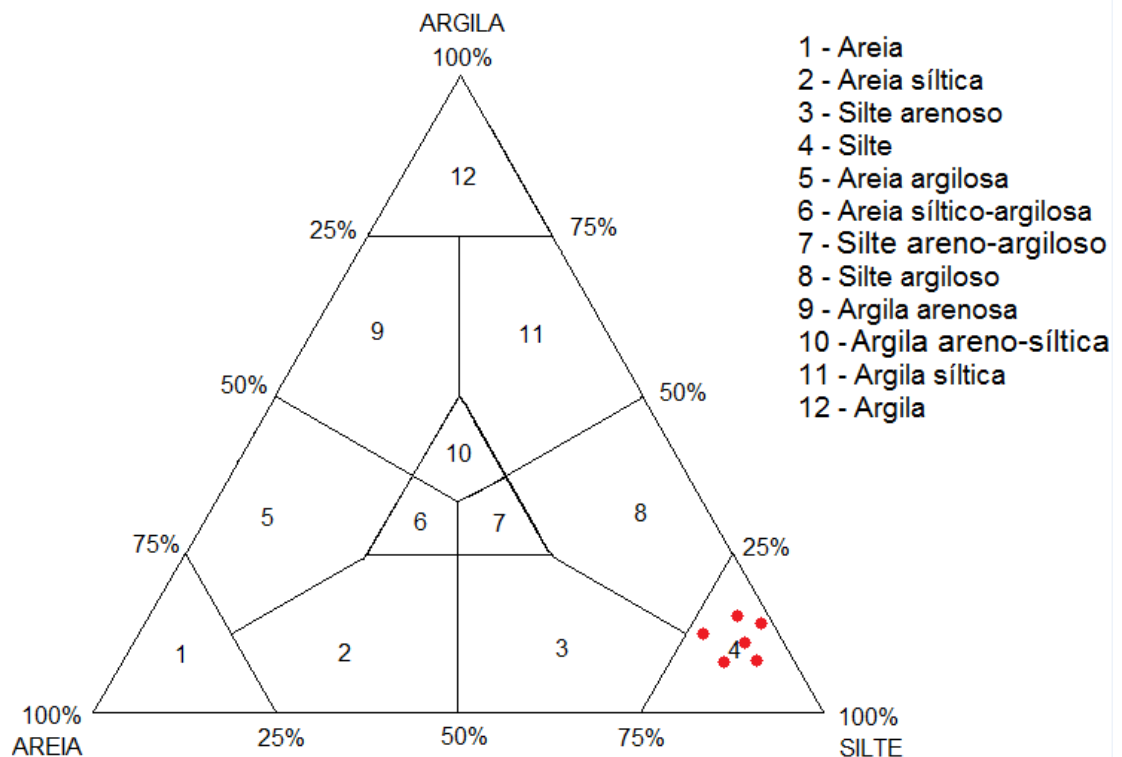


A fração silte é a mais representativa com valores variando de 77,5% a 84,46% e uma média de 81,52%, onde o maior destes valores encontra-se no nível de 9-12 cm.

Os teores de argila variam de 9,173% a 15,25% com média de 12,71%, estando o maior destes teores no nível de 21-24 cm.

Para a classificação granulométrica dos sedimentos utilizou-se o diagrama triangular de Shepard, com base nas porcentagens de areia, silte e argila (Figura 5.3).

Figura 5.3 – Diagrama triangular de Shepard para classificação dos sedimentos do testemunho SIS 720 com base nas porcentagens de areia, silte e argila.



Fonte: Fonte: Shepard (1954).

De acordo com a classificação dos sedimentos no diagrama triangular tem-se um material classificado como silte, indicando que a área compõe um ambiente de baixa energia onde se depositam os sedimentos de granulometria mais fina.

### 5.1.3 Carbonato de cálcio

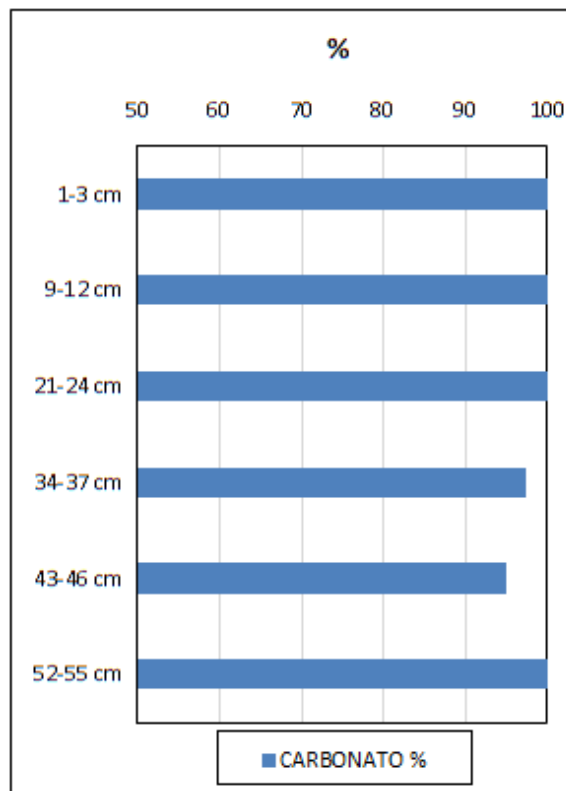
O carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) ocorre no ambiente marinho como componente de conchas, corais e carapaças de organismos.

O testemunho (Figura 5.4) apresenta uma média de 99,0% de  $\text{CaCO}_3$ , onde a variação está compreendida entre 95% (43-46 cm) e 100% (52-55 cm). O elevado teor indica que as amostras se encontram acima da profundidade de compensação do carbonato (CCD), onde ocorre pouca dissolução de  $\text{CaCO}_3$ .

A relação entre a sedimentação carbonática e a influência continental afeta a distribuição dos sedimentos, possibilitando uma correlação entre a baixa influência de grãos continentais na região com o elevado teor de  $\text{CaCO}_3$  presente nas amostras.

O testemunho é composto por sedimentos bioclásticos classificados como lama calcárea, pois todas as amostras possuem teor de  $\text{CaCO}_3$  acima de 70,00% e teor de lama acima de 15%.

Figura 5.4 – Teores de  $\text{CaCO}_3$  do testemunho SIS 720.



Fonte: Elaborada pela autora.

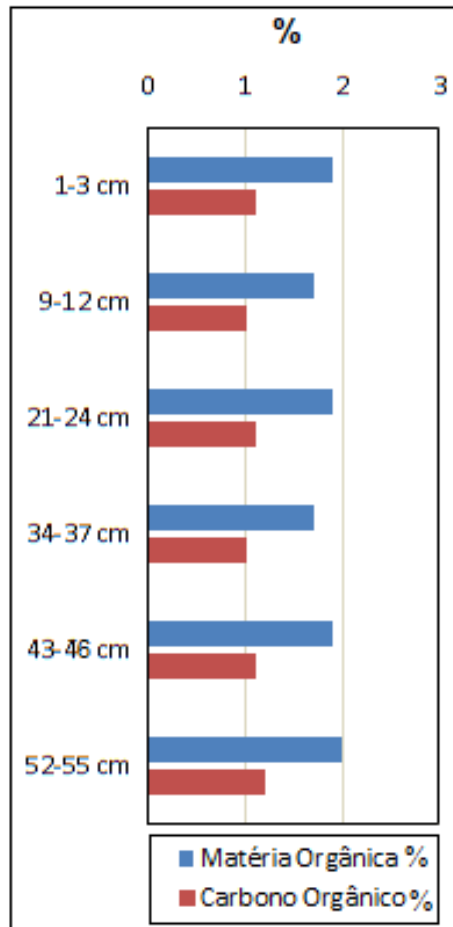
#### 5.1.4 *Matéria Orgânica e Carbono Orgânico*

Com os resultados das análises obteve-se um gráfico com a relação das porcentagens do teor de matéria orgânica e carbono orgânico (Figura 5.5).

Os valores de matéria orgânica variam de 1,7% a 2,0% com média de 1,85%, sendo o maior destes encontrado na base do testemunho (52-55 cm). O carbono orgânico tem seus teores variando em conformidade com os valores de matéria orgânica, apresentando uma variação de 1,0% a 1,2% com uma média de 1,08%, estando o maior valor na base do testemunho (52-55 cm).

A presença de matéria orgânica nas amostras indica sedimentação de baixa energia com predomínio de sedimentos finos, confirmado pela análise granulométrica a qual mostra domínio de silte em relação as demais frações.

Figura 5.5 – Relação dos teores de matéria orgânica e carbono orgânico para o testemunho SIS 720.

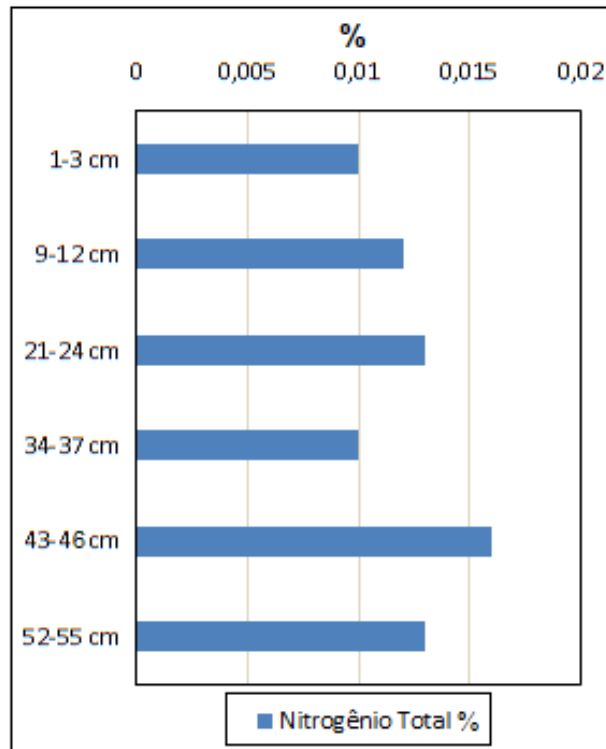


Fonte: Elaborada pela autora.

### 5.1.5 Nitrogênio Total

O teor médio das alíquotas de nitrogênio total do testemunho é de 0,012%, ocorrendo uma variação de 0,01% até 0,016%, sendo o maior teor encontrado no nível de 43-46 cm (Figura 5.6).

Figura 5.6 – Teores de nitrogênio total para o testemunho SIS 720.

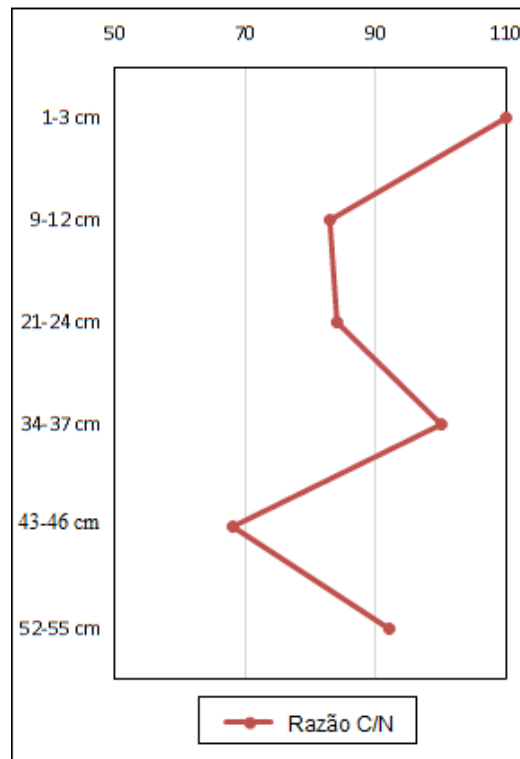


Fonte: Elaborada pela autora.

#### 5.1.6 Razão Carbono/Nitrogênio

Todas as amostras analisadas apresentam razão C/N superior a 20, indicando vegetais vasculares terrestres como fonte de matéria orgânica (Figura 5.7). A razão C/N possui média de 90, variando de 68 até 110, estando o menor valor na base (52-55 cm) e o maior no topo do testemunho (1-3 cm). Portanto, o topo apresenta maior contribuição de matéria orgânica continental do que a base do testemunho, mostrando um aumento com a diminuição da profundidade.

Figura 5.7 – Razão carbono/nitrogênio do testemunho SIS 720.



Fonte: Elaborada pela autora.

### 5.1.7 Difração de Raios-X

A partir dos resultados da difração de raios-x obtiveram-se difratogramas através dos quais foi realizada a identificação dos minerais de acordo com os picos presentes (Figuras 5.8; 5.9; 5.10; 5.11; 5.12 e 5.13). As amostras se assemelham quanto à composição mineralógica, sendo constituídas por quartzo, caulinita, illita e feldspato potássico, sendo o quartzo predominante em todas as amostras exceto a amostra da base (52-55 cm).

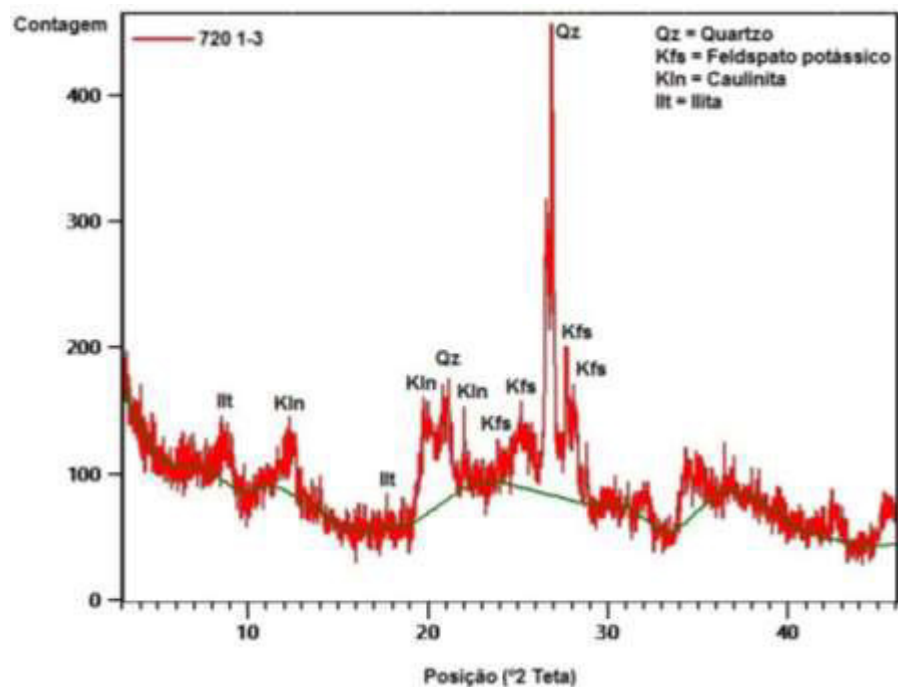
Quartzo e feldspato potássico são resíduos da hidrólise, provenientes da pedogênese de rochas continentais. A presença do quartzo é explicada em razão de sua maior resistência à hidrólise que os demais minerais silicáticos com quem estava associado nas rochas originais.

Caulinita e illita são produtos da hidrólise de rochas de composição granítica. A illita, um produto comum da hidrólise de micas (muscovita), é formada em baixos estágios de alteração com menores condições de pluviosidade. A caulinita é um argilomineral mais resistente a hidrólise que illita, característico de clima tropical úmido onde ocorrem processos acentuados de lixiviação

(hidrólise parcial) do feldspato potássico. Caulinita se forma a partir do feldspato potássico e geralmente ocorre associada a minerais aluminosos.

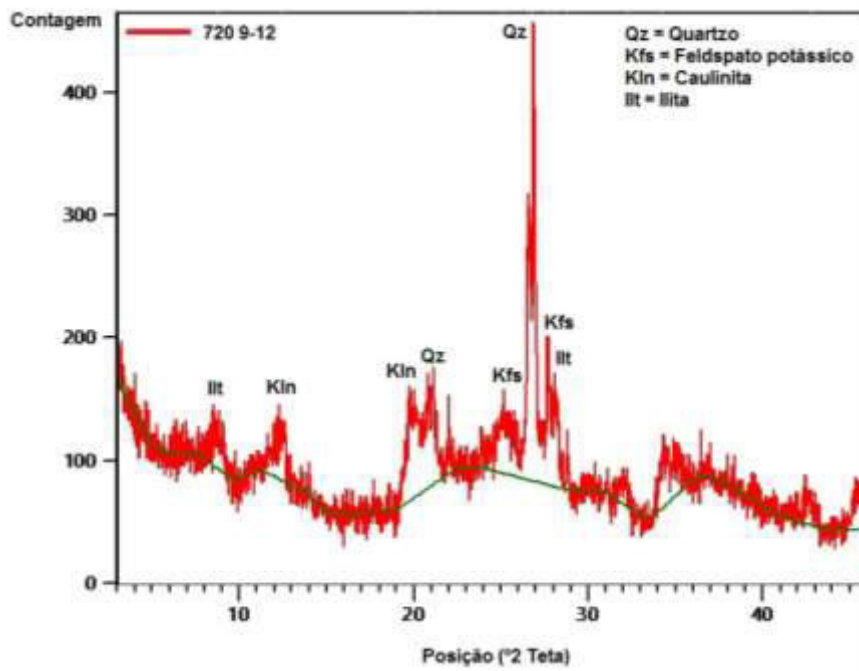
A presença de quartzo, feldspato potássico, caulinita e ilita marcam a influência de partículas terrígenas na sedimentação da região, dado que estes minerais têm sua origem relacionada à alteração de alumino-silicatos primários (rochas graníticas). Sugere-se que estes minerais tenham chegado ao talude por meio de fluxos gravitacionais.

Figura 5.8 – Difratoograma da amostra 1-3 cm do testemunho SIS 720 com identificação dos picos.



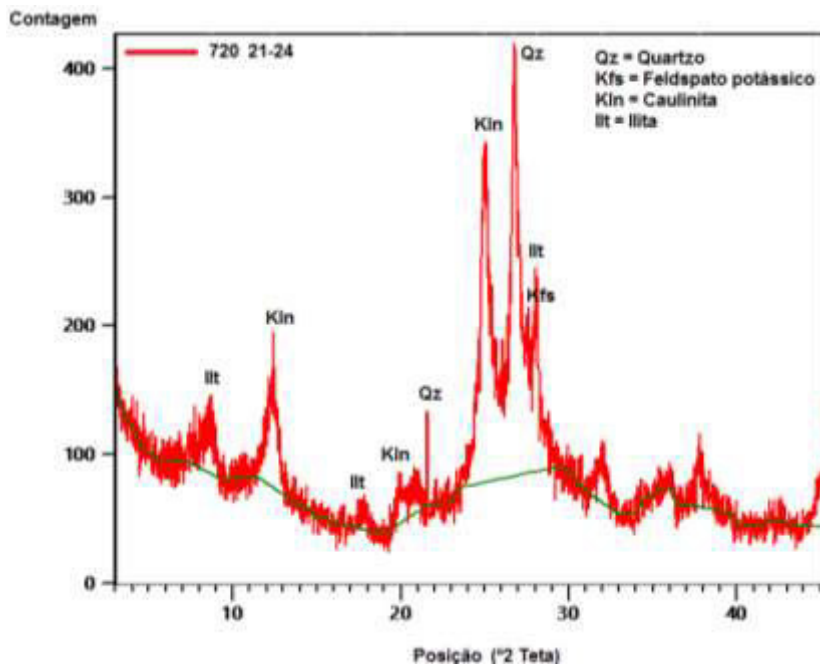
Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 5.9 – Difratoograma da amostra 9-12 cm do testemunho SIS 720 com identificação dos picos.



Fonte: Elaborada pela autora.

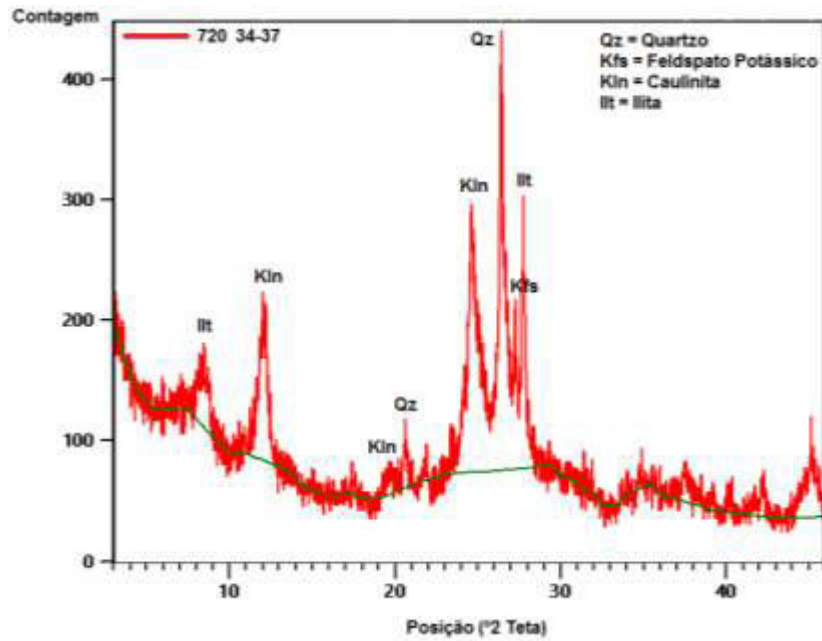
Figura 5.10 – Difratoograma da amostra 21-24 cm do testemunho SIS 720 com identificação dos picos.



Fonte: Elaborada pela autora.

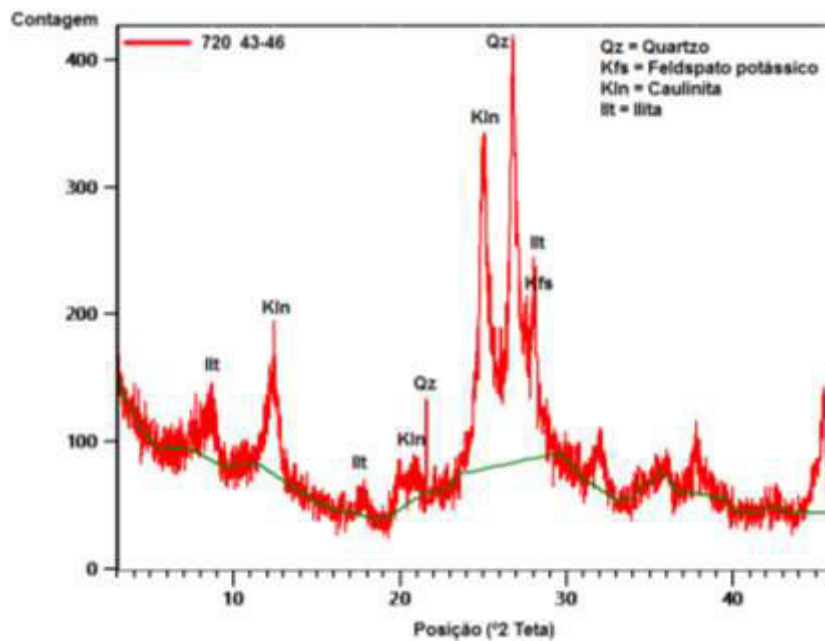


Figura 5.11 – Difratoograma da amostra 34-37 cm do testemunho SIS 720 com identificação dos picos.



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 5.12 – Difratoograma da amostra 43-46 cm do testemunho SIS 720 com identificação dos picos.



Fonte: Elaborada pela autora.



Figura 5.14 – Testas de foraminíferos planctônicos predominando em relação aos bentônicos no testemunho SIS 720, vistos em lupa binocular: Fp – Foraminífero planctônico; Fb – Foraminífero bentônico.



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 5.15 – Testas de foraminíferos planctônicos de coloração branca e amarelada e grãos de quartzo no testemunho SIS 720, vistos em lupa binocular: Fp – Foraminífero planctônico; Qtz – Quartzo.



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 5.16 – Testas de foraminíferos planctônicos e grãos não identificados no testemunho SIS 720, vistos em lupa binocular: Fp – Foraminífero planctônico; Gni – Grãos não identificados.



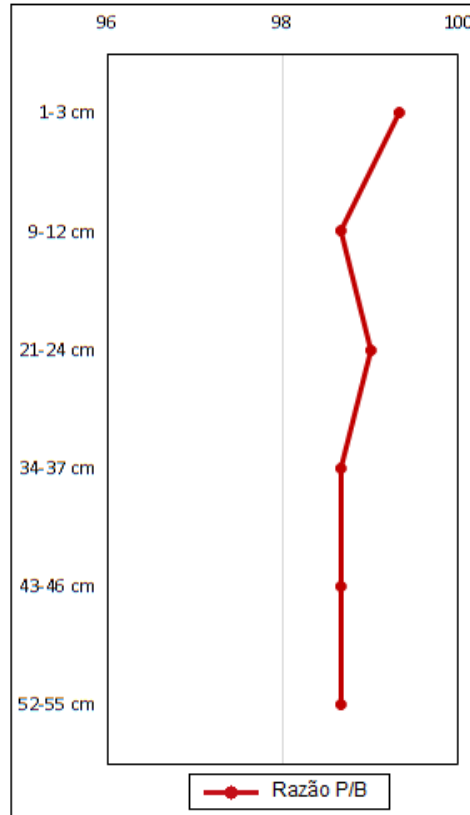
Fonte: Elaborada pela autora.

A partir da contagem de foraminíferos foi possível obter o gráfico da razão entre os hábitos planctônicos e bentônicos (Figura 5.17). Esse gráfico expressa a porcentagem de foraminíferos planctônicos em relação a população total dos foraminíferos, indicando uma maior ou menor ocorrência desses organismos.

Há o predomínio de foraminíferos de hábito planctônico em relação ao bentônico em todas as amostras, fato este que não surpreende devido à distância (91 km) em que o testemunho se encontra da costa. Visto que, a proporção de foraminíferos bentônicos tende a diminuir em direção a águas mais profundas.

A razão entre foraminíferos planctônicos e bentônicos possui média de 98,83%, variando entre 98,66% e 99,33%, observa-se que todas as amostras apresentam razão superior a 90%, o que permite classificar a região como talude continental inferior.

Figura 5.17 – Razão planctônico/bentônico do testemunho SIS 720.



Fonte: Elaborada pela autora.

## 5.2 Testemunho ANP 1286

O testemunho foi coletado distando, aproximadamente, 105 km da linha de costa do município de Luís Correia a uma profundidade de 2242 m. Possui 86 cm de comprimento e foi seccionado em nove amostras para realização das análises.

### 5.2.1 Descrição Macroscópica

O testemunho (Figura 5.18) é composto por lama de estrutura homogênea, com exceção da porção entre os níveis de 30 a 40 cm que apresenta estrutura mosqueada. Ao longo do testemunho há variações de cor, do topo até o nível de 40 cm tem-se coloração olive gray (5y 4/1), deste nível até o de 55 cm possui cor dusky brown (5yr 2/2). Há um contato brusco marcado pela mudança de cor no nível de 55 cm onde esta passa a ser dark yellowish brown (10 yr 4/2) até a base do testemunho.

Figura 5.18 – Representação do testemunho ANP 1286 com escala centimétrica.

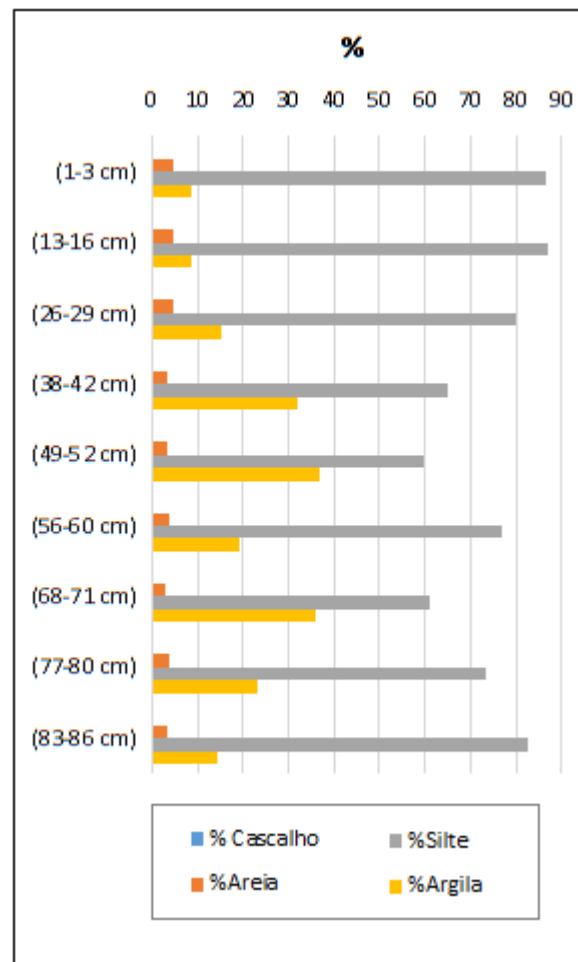


Fonte: Elaborada pela autora.

### 5.2.2 Análise Granulométrica

A partir dos resultados da análise granulométrica foi elaborada um gráfico com a relação dos percentuais de cascalho, areia, silte e argila para o testemunho ANP 1286 (Figura 5.19).

Figura 5.19 – Variação textural do testemunho ANP 1286.



Fonte: Elaborada pela autora.

O testemunho é composto predominantemente por silte com menores proporções de argila, areia e cascalho. A fração cascalho presente é composta essencialmente por bióticos e possui teores variando de 0% a 0,025% com média de 0,007%.

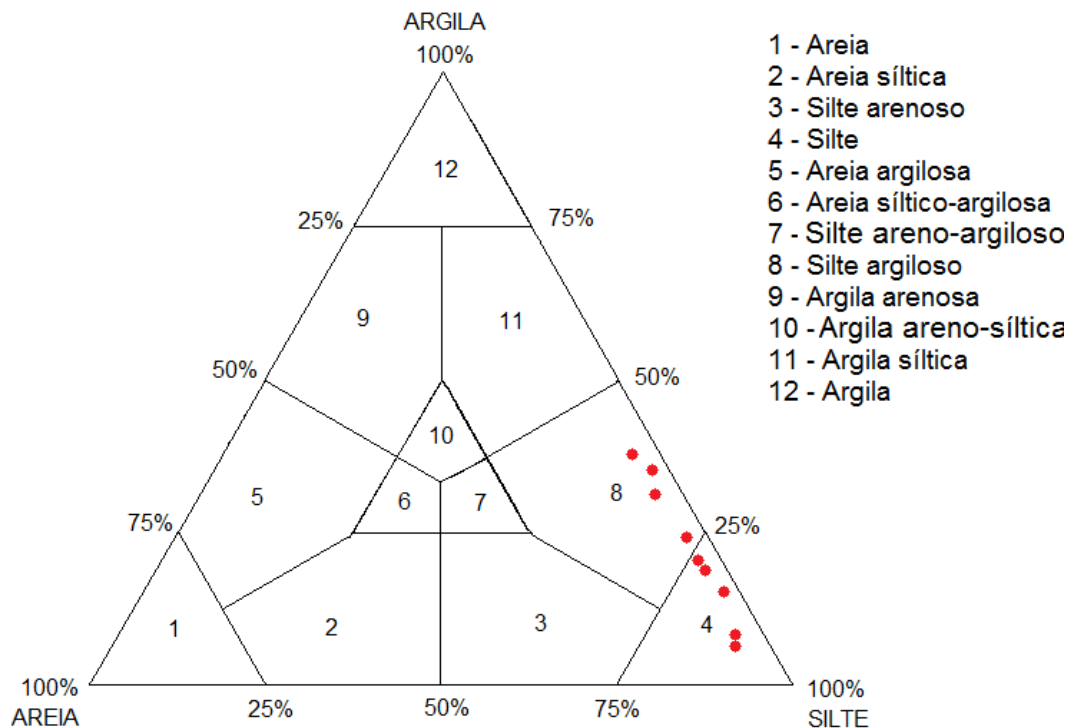
Os valores de areia variam de 3,07% a 4,6 % com média de 3,77%, estando o maior destes no nível de 13-16 cm.

A fração silte é a mais representativa com valores entre 59,85% a 86,85% e uma média de 74,68%, onde o maior destes valores encontra-se no topo do testemunho (1-3 cm).

Os valores de argila variam de 8,52% a 36,77% com uma média de 21,52%, o maior destes valores está no nível de 49-52 cm.

Para a classificação granulométrica dos sedimentos utilizou-se o diagrama triangular de Shepard com base nas porcentagens de areia, silte e argila (Figura 5.20).

Figura 5.20 – Diagrama triangular de Shepard para classificação dos sedimentos do testemunho ANP 1286 com base nas porcentagens de areia, silte e argila.



Fonte: Shepard (1954).

De acordo com a classificação dos sedimentos no diagrama triangular uma parte das amostras é classificada como silte (1-3, 13-16, 26-29, 56-60, 83-86 cm) e a outra como silte argiloso (38-42,



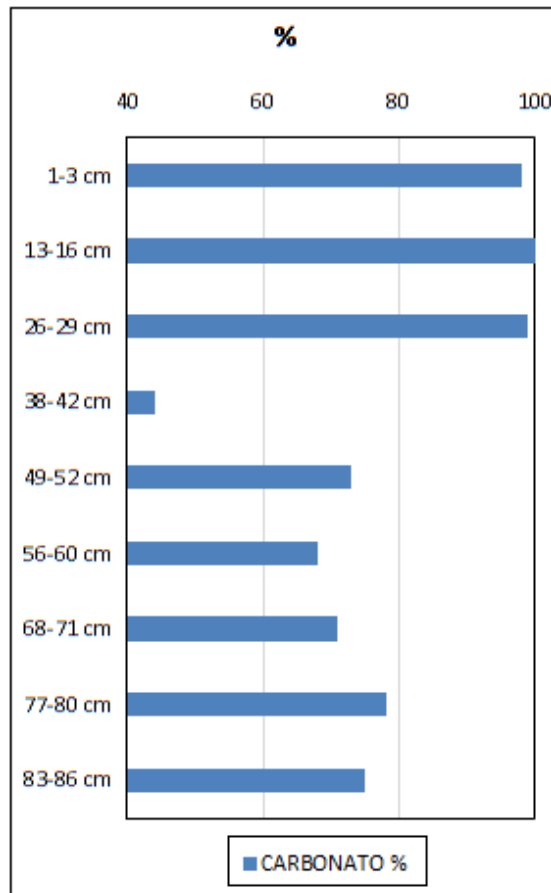
49-52, 68-71, 77-80 cm), indicando que a área compõe um ambiente de baixa energia onde se depositam os sedimentos de granulometria mais fina.

### 5.2.3 Carbonato de cálcio

O testemunho apresenta uma média de 78% de  $\text{CaCO}_3$  variando entre 44% e 100%, o maior destes valores encontra-se no nível de 13-16 cm (Figura 5.21). Nota-se uma grande variação nos teores ao longo do testemunho, ocorrendo o aumento nos valores da base (83-86 cm) em direção ao topo (1-3 cm), aumento dos valores com a diminuição de profundidade. A maior variação é encontrada na passagem do nível de 49-52 cm para o 38-42 cm, onde o teor passa de 74% para 44% de carbonato. Essa brusca diminuição pode indicar mudanças na sedimentação, sugerindo uma maior influência continental. Em seguida, no nível de 26-29 cm os valores de  $\text{CaCO}_3$  atingem 99%, voltando ao predomínio de sedimentos carbonáticos.

O testemunho é composto por três tipos de sedimentos, os bioclásticos, biosiliciclásticos e silicibioclásticos. Os sedimentos bioclásticos compõem quase todo o testemunho e são classificados como lama calcárea. A amostra 56-60 cm é formada por sedimentos biosiliciclásticos classificados como marga calcárea. Os sedimentos silicibioclásticos estão presentes apenas na amostra 38-42 cm e são classificados como marga arenosa.

Figura 5.21 – Teores de  $\text{CaCO}_3$  do testemunho ANP 1286.



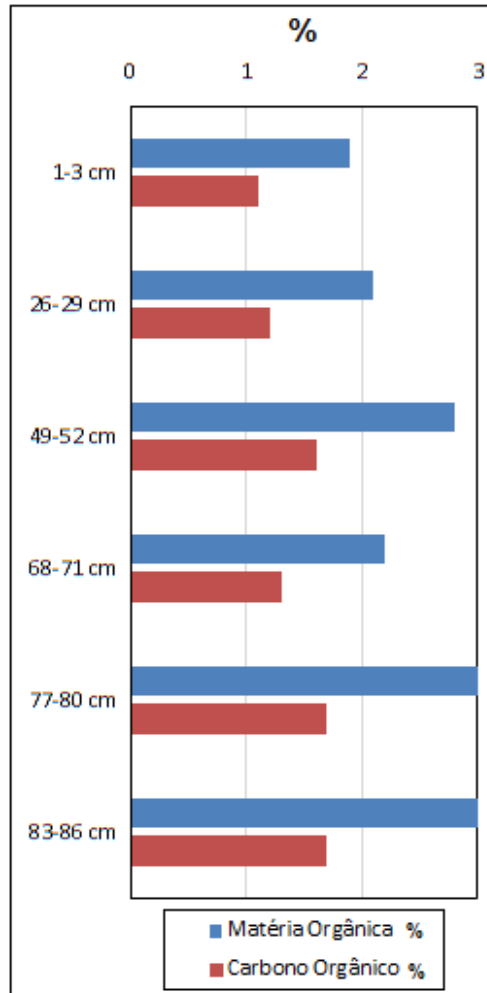
Fonte: Elaborada pela autora.

#### 5.2.4 *Matéria Orgânica e Carbono Orgânico*

Com os resultados das análises obteve-se um gráfico com a relação das porcentagens do teor de matéria orgânica e carbono orgânico (Figura 5.22).

Os valores de matéria orgânica variam de 1,9% a 3,0% com média de 2,5%, sendo o maior destes encontrado na base do testemunho (83-86 cm). Os valores de carbono orgânico variam de acordo com os de matéria orgânica, apresentando uma variação de 1,1% a 1,7% com uma média de 1,43%, onde o maior valor está na base do testemunho (83-86 cm). Estes valores sugerem a contribuição de sedimentos de origem orgânica na região estudada.

Figura 5.22 – Relação dos teores de matéria orgânica e carbono orgânico para o testemunho ANP 1286.

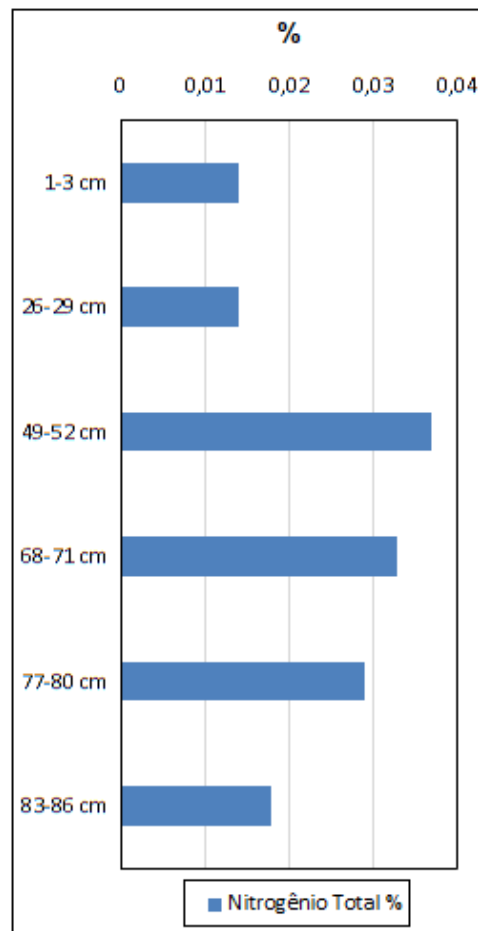


Fonte: Elaborada pela autora.

### 5.2.5 Nitrogênio Total

A partir do resultado das análises foi elaborada um gráfico com os teores de nitrogênio expressos em porcentagem (Figura 5.23). O teor médio é de 0,024% variando entre 0,014% até 0,037%, estando o maior teor no nível de 49-52 cm.

Figura 5.23 – Teores de nitrogênio total para o testemunho ANP 1286.



Fonte: Elaborada pela autora.

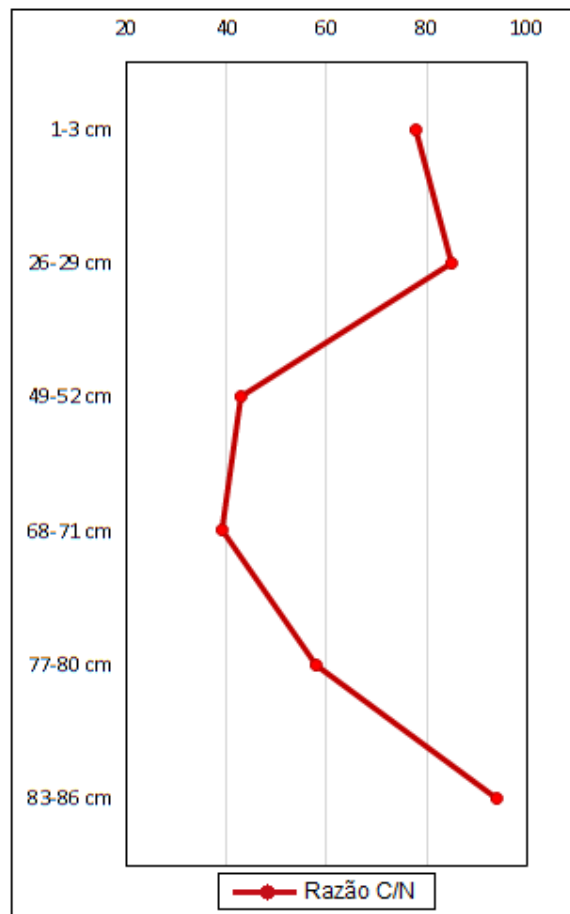
### 5.2.6 Razão Carbono/Nitrogênio

A razão carbono/nitrogênio (Figura 5.24) neste testemunho possui média de 66, variando de 39 a 94, estando o maior teor na base (83-86 cm). Tendo em vista os valores da razão C/N, superiores a 20, sugere-se como fonte de matéria orgânica, vegetais vasculares terrestres.

A razão varia ao longo do testemunho, não exibindo um padrão, onde da base (83-86 cm) para o nível de 68-71 cm a razão diminui significativamente e deste para o topo (1-3 cm) ela aumenta. Os menores valores encontrados se dão na base, apresentando uma razão de 39. Esta brusca diminuição pode indicar mudança na sedimentação, ocorrendo menor contribuição de vegetais vasculares terrestres como fonte de matéria orgânica.

Observa-se que este testemunho (ANP 1286) possui razão menor em relação ao testemunho SIS 720, sugerindo que a contribuição de matéria orgânica continental foi menor neste testemunho. Fato este que não surpreende, pois, o testemunho SIS 720 encontra-se a uma menor distância da costa, o que facilita a contribuição continental.

Figura 5.24 – Razão carbono/nitrogênio do testemunho ANP 1286.



Fonte: Elaborada pela autora.

### 5.2.7 Difração de Raios-X

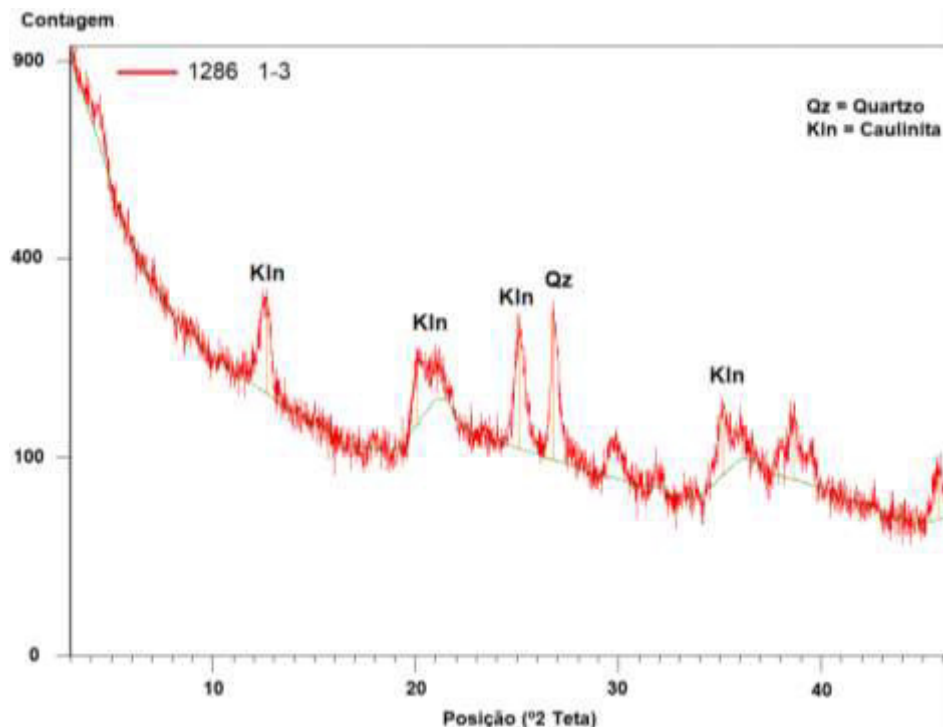
A identificação dos minerais foi realizada de acordo com os picos presentes no difratograma. Todas as amostras possuem composição mineralógica semelhante, compostas por caulinita e quartzo (Figuras 5.25; 5.26; 5.27; 5.28; 5.29 e 5.30).

O que difere a composição deste testemunho em relação ao SIS 720 é a ausência de feldspato e ilita. O feldspato é um mineral residual da pedogênese de rochas continentais, de baixa resistência a hidrólise, portanto sua ausência mostra que a hidrólise atuante foi mais intensa. A ausência da ilita também indica hidrólise mais acentuada.

O quartzo também é um mineral residual da hidrólise, entretanto encontra-se presente em razão de sua maior resistência a este processo.

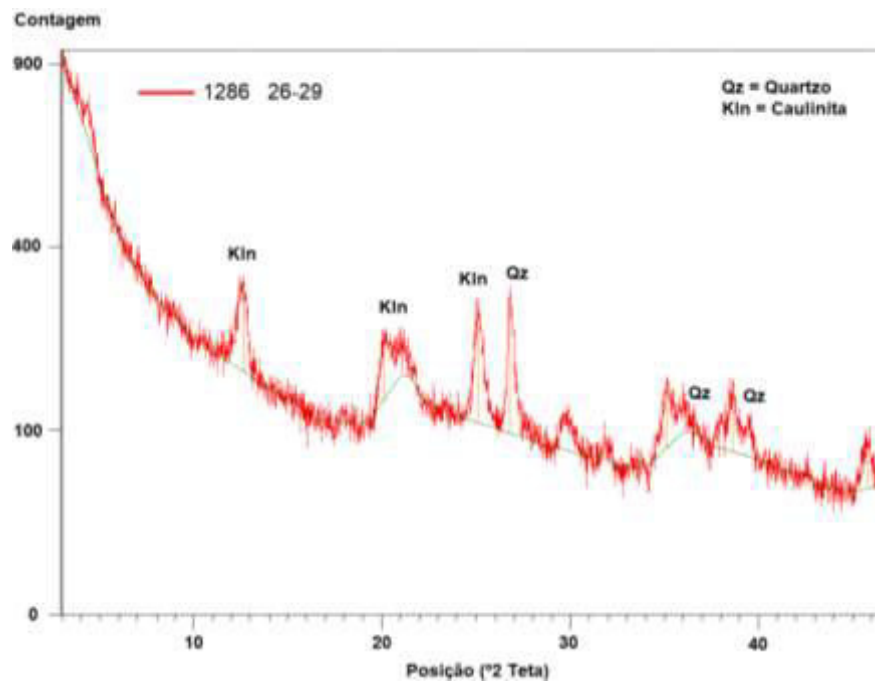
A caulinita é abundante em todas as amostras, o que não surpreende devido sua intensa ocorrência nos solos brasileiros. É o produto da hidrólise de rochas de composição graníticas, provavelmente erodida do Formação Barreiras, característica de clima tropical úmido. O quartzo e a caulinita marcam a influência de sedimentos continentais na região.

Figura 5.25 – Difratoograma da amostra 1-3 cm do testemunho ANP 1286 com identificação dos picos.



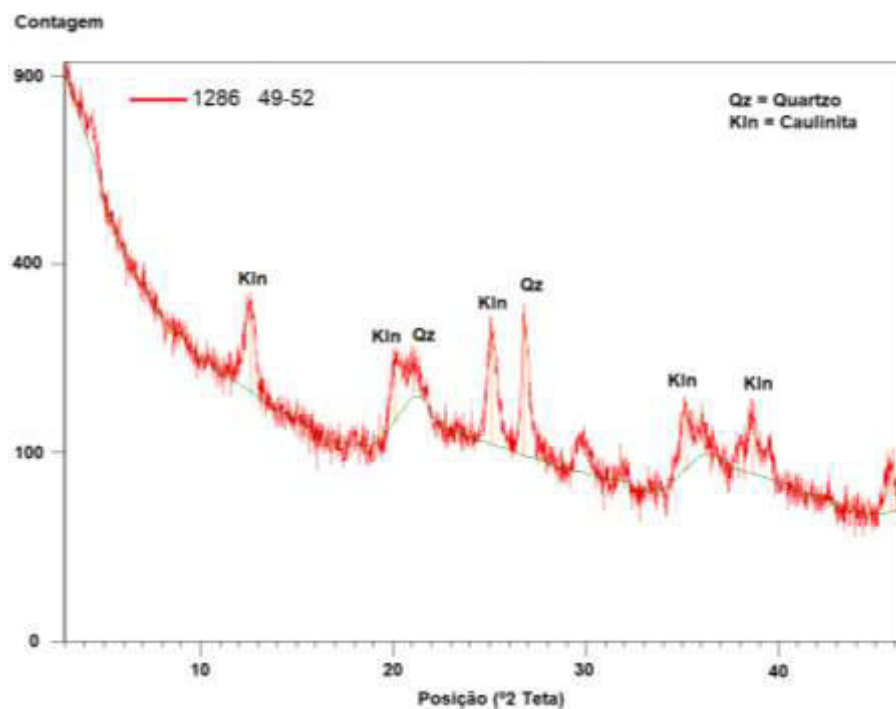
Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 5.26 – Difratoograma da amostra 26-29 cm do testemunho ANP 1286 com identificação dos picos.



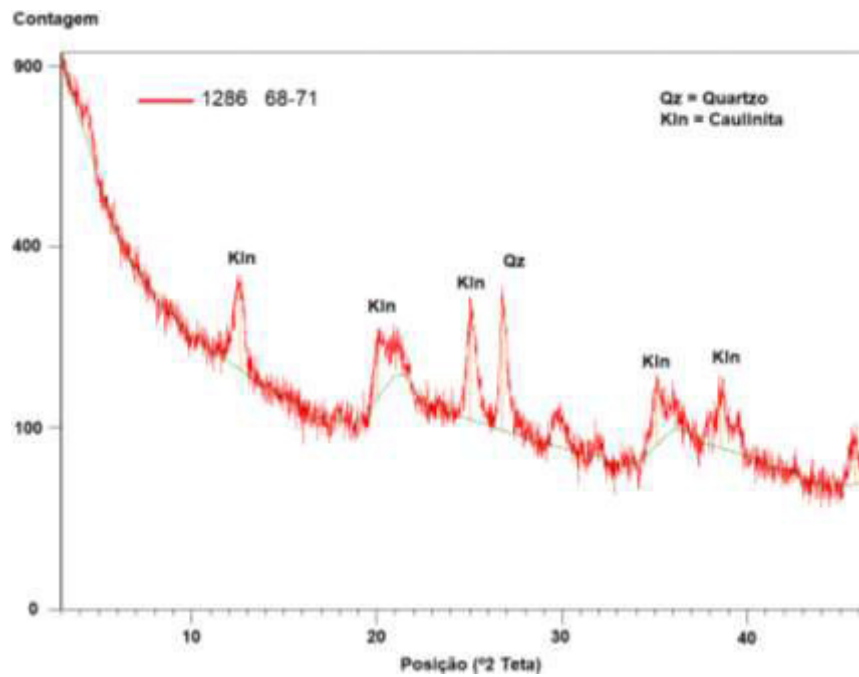
Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 5.27 – Difratoograma da amostra 49-52 cm do testemunho ANP 1286 com identificação dos picos.



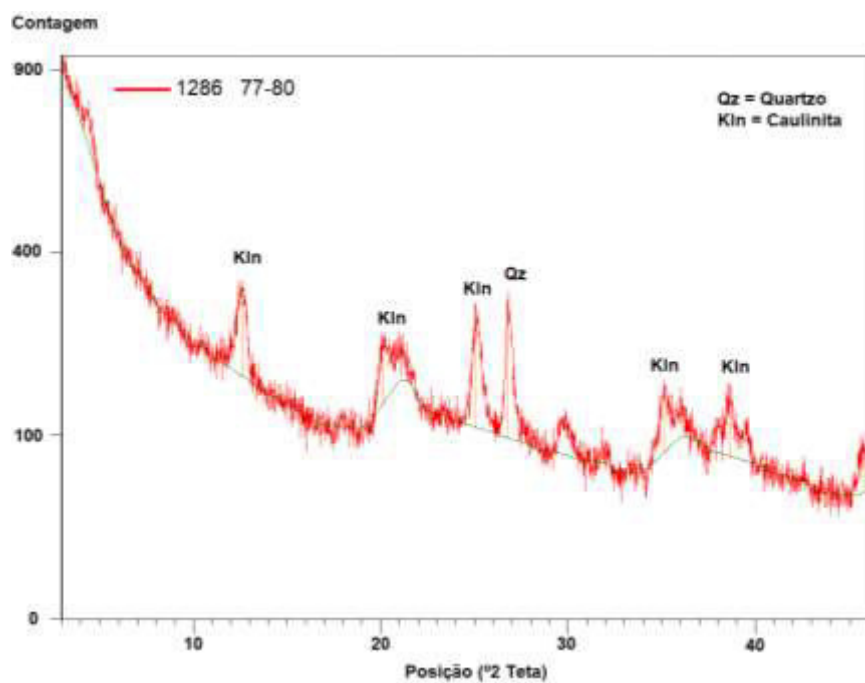
Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 5.28 – Difratoograma da amostra 68-71 cm do testemunho ANP 1286 com identificação dos picos.



Fonte: Elaborada pela autora.

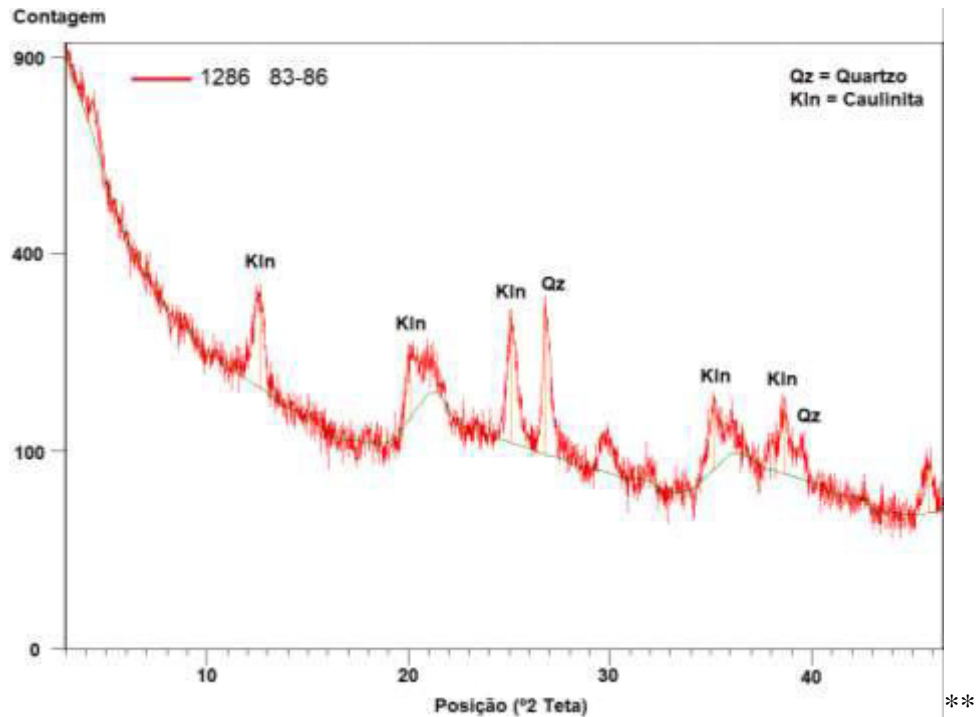
Figura 5.29 – Difratoograma da amostra 77-80 cm do testemunho ANP 1286 com identificação dos picos.



Fonte: Elaborada pela autora.



Figura 5.30 – Difratoograma da amostra 83-86 cm do testemunho ANP 1286 com identificação dos picos.



Fonte: Elaborada pela autora.

### 5.2.8 Razão planctônico/bentônico (Razão P/B)

As testas de foraminíferos encontram-se inteiras e possuem coloração branca (Figura 5.31), sugerindo transporte por suspensão em ambiente de baixa energia com rápida sedimentação das testas.

Em meio aos foraminíferos ocorrem, em menor proporção, grãos de quartzo e grãos não identificados. Os grãos de quartzo apresentam-se ângulosos e sem sinais de retrabalhamento, sugerindo que estes tenham sido transportados ao talude por meio de fluxos gravitacionais (Figura 5.32).

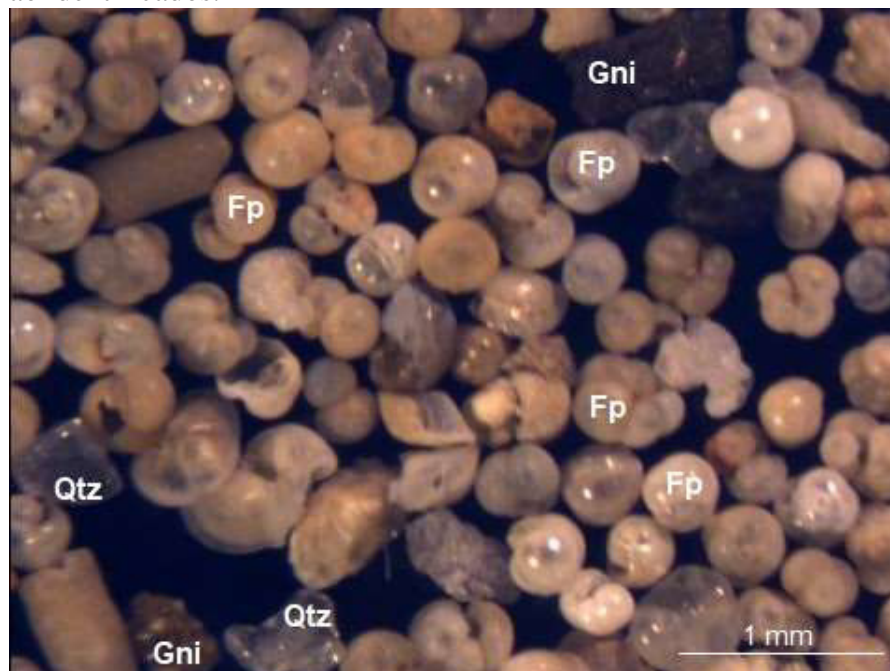
Os grãos não identificados (Figuras 5.32 e 5.33) são divididos em dois tipos através da coloração, existem os grãos de cor verde terrosa e os grãos de cor preta, estes parecem ser agregados de sedimentos, podendo ser compostos de partículas terrígenas e/ou pelágicas. Entretanto, não se pode afirmar sua verdadeira composição, para isto sugerem-se estudos mais detalhados.

Figura 5.31 – Foraminíferos planctônicos e bentônicos no testemunho ANP 1286, vistos em lupa binocular: Fp – Foraminífero planctônico; Fb – Foraminífero bentônico.



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 5.32 – Foraminíferos planctônicos, grãos de quartzo e grãos não identificados no testemunho ANP 1286, vistos em lupa binocular: Fp – Foraminífero plantônico; Qtz – Quartzo; Gni – Grãos não identificados.



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 5.33 – Foraminíferos planctônicos e grãos não identificados no testemunho ANP 1286, vistos em lupa binocular: Fp – Foraminífero planctônico; Gni – Grãos não identificados.

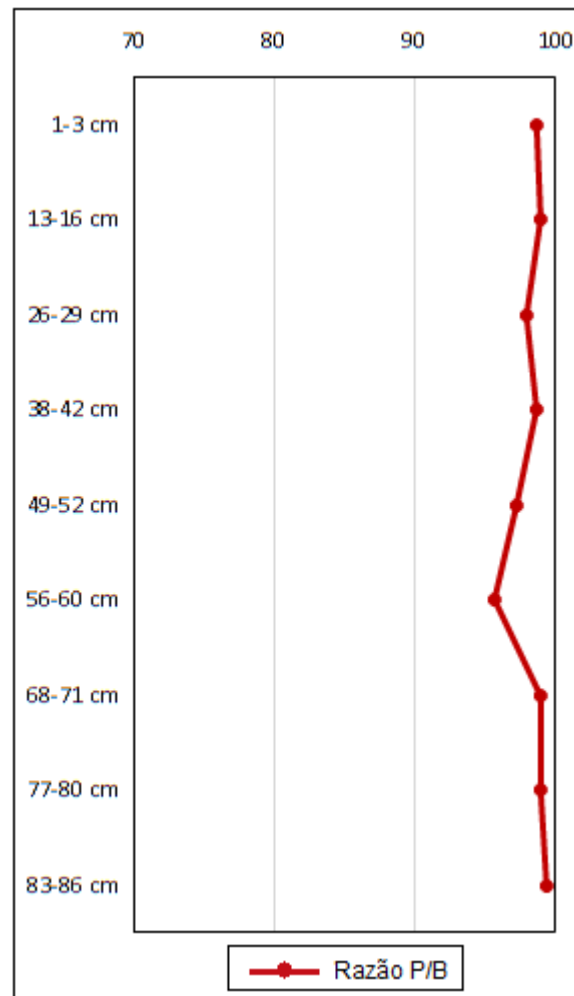


Fonte: Elaborada pela autora.

Há o predomínio de foraminíferos de hábito planctônico em relação ao bentônico em todas as amostras, fato este que não surpreende devido à distância (105 km) em que o testemunho se encontra da costa e a profundidade (2242 m). Visto que, a proporção de foraminíferos bentônicos tende a diminuir com o aumento da distância da costa e da profundidade da coluna d'água.

A razão entre foraminíferos planctônicos e bentônicos (Figura 5.34) possui média de 98,29%, variando entre 95,66% e 99,33%, observa-se que todas as amostras apresentam razão superior a 90%, o que permite classificar a região como talude continental inferior.

Figura 5.34 – Razão planctônico/bentônico do testemunho ANP 1286.



Fonte: Elaborada pela autora.

## 6 CONCLUSÕES

O testemunho SIS 720 é constituído por sedimento bioclástico de fração silte, classificado como vasa calcárea. Este sedimento é composto em sua maioria por carapaças inteiras de organismos como foraminíferos planctônicos e bentônicos, em menor quantidade têm-se minerais tais como quartzo, feldspato potássico, caulinita e ilita. As carapaças possuem idades diferentes, sendo as de coloração branca mais recente que as amarelas, as brancas foram sedimentadas mais rapidamente, já as amareladas sofreram lento revolvimento antes do soterramento.

O testemunho ANP 1286 é composto por sedimentos bioclásticos, biosiliciclásticos e silicibioclásticos, ambos de fração silte, compostos por diferentes proporções de carapaças de foraminíferos, caulinita e quartzo. Os sedimentos bioclásticos compõem quase todo o testemunho e são classificados como lama calcárea. Os biosiliciclásticos estão presentes em apenas uma amostra e são classificados como marga calcárea. Os sedimentos silicibioclásticos também ocorrem somente em uma amostra e são classificados como marga arenosa. Essas diferentes classificações se dão em razão da forte variação dos teores de carbonato de cálcio no testemunho, marcando mudanças na sedimentação.

O elevado teor de  $\text{CaCO}_3$  presente na região é dado pela grande quantidade de carapaças de organismos, indicando um ambiente onde ocorre pouca dissolução de carbonato. Os minerais presentes na região são resultantes da alteração de rochas graníticas e marcam a influência de sedimentos terrígenos na região, sugere-se que estes tenham chegado ao talude por meio de fluxos gravitacionais.

A presença de caulinita marca o clima tropical úmido, onde ocorrem processos acentuados de hidrólise. O predomínio do sedimento da fração silte indica um ambiente de baixa energia com lenta deposição destes sedimentos.

O talude continental inferior do Piauí é marcado pela forte influência de sedimentos pelágicos, altos teores de  $\text{CaCO}_3$ , com uma menor contribuição de sedimentos terrígenos, quartzo, feldspatos e argilominerais, sendo assim o ambiente criado pela atuação conjunta de processos continentais e marinhos. Espera-se que este estudo venha fornecer suporte a uma melhor compreensão sobre este ambiente deposicional.

## REFERÊNCIAS

ABREU NETO, J. C. de. **Análise Textural e Geoquímica dos Argilominerais do Talude Continental do Oeste do Ceará**. 2012. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

ALVE, E.; MURRAY, J. W. High benthic fertility and taphonomy of foraminífera: a case study of the Skagerrak, North Sea. **Marine Micropaleontology**, Amsterdã, v. 31, p. 157-175, 1997.

ARAÚJO, T. M. F.; MACHADO, A. J. Eventos bioestratigráficos, paleoclimáticos e paleobatimétricos do talude continental superior da Bahia, evidenciados através do estudo da fauna de foraminíferos. **Gravel**, Porto Alegre, v. 6, p. 27-45, 2008.

ARAÚJO, T. M. F.; MACHADO, A. J. Foraminíferos da subsuperfície do talude continental superior do norte da Bahia, Brasil. **Revista de Geologia**, Fortaleza, v. 21, n. 1, p. 49-77, 2008.

BAPTISTA NETO, J. A.; SILVA, C. G. **Morfologia dos Oceanos**. In: BAPTISTA NETO, J. A.; PONZI, V. R. A.; SICHEL, S. E. (Orgs.). Introdução à Geologia Marinha. Rio de Janeiro: INTERCIÊNCIA, p.31-51, 2004.

BELTRAMI, C. V.; ALVES, L. E. M.; FEIJÓ, F. J. Bacia do Ceará. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v.8, n.1, p. 117-125. 1994.

BOERSMA, A. **Foraminifera**. In: HAQ, B.U.; BOERSMA, A. (Eds.). Introduction to Marine Micropaleontology. New York: ELSEVIER, p. 19-78, 1983.

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**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 1, p. 65-74, 1989.

D'ÁVILA, R. S. F.; ARIENTI, L. M.; ARAGÃO, M. A. N.; VESELY, F. F.; SANTOS, S. F.; VOELCKER, H. E.; VIANA, A. R.; KOWSMANN, R. O.; MOREIRA, J. L. P.; COURA, A. P. P.; PAIM, P. S. G.; MATOS, R. S.; MACHADO, L. C. R. **Ambientes Marinhos Profundos: Sistemas turbidíticos**. In: SILVA, A. J. C. L. P.; ARAGÃO, M. A. N. F.; MAGALHÃES, A. J. C. (Eds.). Ambientes de sedimentação siliciclástica do Brasil. São Paulo: Editora Beca. p. 244-301, 2008.

- DIAS, João Alveirinho. **A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos**. Faro: Universidade do Algarve, 2004.
- EMBRAPA. 1997. **Manual de Métodos e Análise de Solo**. 2º edição revista e atualizada. Centro Nacional de Pesquisa de solos, Rio de Janeiro, 212.
- FRANÇA, A. M. C. Sedimentos superficiais da margem continental Nordeste brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 6, n. 2, p.71- 88, 1976.
- 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, 17., 1997, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 1997. p. 209-211.
- GAGE, John; TYLER, Paul. **Deep-sea biology: a natural history of organisms at the deep-sea floor**. Cambridge: Cambridge University, 1991.
- GARDNER, W. D. Baltimore Canyon as a modern conduit of sediment to the deep sea. **Deep-Sea Research**, USA, v. 36, n. 3, p. 323-358 , 1989.
- GRIMSDALE, T. F.; VAN MORKHOVEN, F. P. C. M. The ratio between pelagic and benthonic foraminifera as a means of estimating depth of deposition of sedimentary rocks. In: WORLD PETROLEUM CONGRESS, 4., 1955, Rome. **Anais...** Rome, 1955. p. 473-491.
- HEDGPETH, Joel. **The treatise on marine ecology and paleoecology**. Washington: Geological Society of America, 1957.
- HU, J.; PENG, P.; JIA, G.; MAI, B.; ZHANG, G. Distribution and sources of organic carbon, nitrogen and their isotopes in sediments of the subtropical Pearl River estuary and adjacent shelf, Southern China. **Marine Chemistry**, Amsterdã, v. 98, p. 274-285, 2006.
- KENDALL, C.; SILVA, S. R.; KELL, Y. V. J. Carbon and nitrogen compositions of particulate organic matter in four large river systems across the United States. **Hydrological Processes**, v. 15, p. 1301-1346, 2001.
- KENNETT, James. **Marine Geology**. New Jersey: Prentice Hall, 1982.

- KUCERA, M. **Planktonic Foraminifera as Tracer of Past Oceanic Environment**. In: HILLAIRE-MARCEL, C.; VERNAL, A. D. (Eds.). *Proxies in Late Cenozoic Paleocyanography*. Tokyo: Elsevier, p. 213 – 255, 2007.
- LAMAS, F.; IRIGARAY, C.; OTEO, C.; CHACON, J. Selection of the most appropriate method to determine the carbonate content for engineering purposes with particular regard to marls. **Engineering Geology**, Amsterdã, v. 81, n. 1, p. 32-41, 2005.
- LEÃO, Z. M.A. N.; MACHADO, A. J. Variação de cor dos grãos carbonáticos de sedimentos marinhos atuais. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 87-91, 1989.
- LIN, J. **Paleoecology, paleoclimate and paleogeography of Quaternary foraminiferal faunas in China**. 1992. Ph.D. Thesis – College of Science Free University of Brussels, Brussels, 1992.
- LUNA, F. J.; SCHUCHARDT, U. Argilas pilarizadas - Uma Introdução. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 104-109, 1999.
- MAHIQUES, M. M.; MISHIMA, Y.; RODRIGUES, M. Characteristics Of The Sedimentary Organic Matter On The Inner And Middle Continental Shelf Between Guanabara Bay And São Francisco do Sul, Southeastern Brazilian Margin. **Continental Shelf Research**, Amsterdã, v. 19, n. 6, p. 775-798, 1999
- MENDES, Josué Camargo. **Elementos de Estratigrafia**. São Paulo: T. A. Queiroz, 1984.
- MEYERS, P. A.; ISHIWATARI, R. Lacustrine organic geochemistry-an overview of indicators of organic matter sources and diagenesis in lake sediments. **Organic Geochemistry**, Amsterdã, v. 20, p. 867-900, 1993.
- MEYERS, P. A. Organic geochemical proxies of paleocyanographic, paleolimnologic, and paleoclimatic processes. **Organic Geochemistry**, Amsterdã, v. 27, p. 213–250, 1997.
- MEYERS, P. A. Applications of organic geochemistry to paleolimnological reconstructions: a summary of examples from the Laurentian Great Lakes. **Organic Geochemistry**, Amsterdã, v. 34, p. 261–289, 2003.
- MOLINA, Eustóquio. **Micropaleontologia**. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza, 2004.



MORAIS NETO, J. M.; NETO, O. C. P.; LANA, C. C.; ZALÁN, P. V. Bacias sedimentares brasileiras – Bacia do Ceará. **Fundação Paleontológica Phoenix**, Aracaju, v. 57, 2003.

MUEHE, D.; GARCEZ, D.S. **A Plataforma Continental Brasileira e sua Relação com a Zona Costeira e a Pesca**. 2005. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

MURRAY, J. W. Microfossil indicators of ocean water masses, circulation and climate. **Geological Society**, London, v. 83, p. 245-264, 1995.

MURRAY, W. J; ALVE. E. **Benthic Foraminifera as indicators of environmental change: marginal-marine, shelf and upper-slope environments**. *In*: HASLETT, K. S. (Eds). Quaternary Environmental Micropalaeontology. New York: Oxford University Press, p. 80-97, 2002.

NITTROUER, C. A.; WRIGHT, L. D. Transport of particles across continental shelves. **Reviews of Geophysics**, v. 32, p. 85-113, 1994.

OLIVEIRA, T. S.; BARCELLOS, R. L.; SCHETTINI, C. A. F.; CAMARGO, P. B. Processo sedimentar atual e distribuição da matéria orgânica em um complexo estuarino tropical, Recife, PE, Brasil. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**, Lisboa, v.14, n.3, p. 399-411, 2014.

PARKER, W. C.; ARNOLD, A. J. **Quantitative methods of data analysis in foraminiferal ecology**. *In*: GUPTA, B. K. S (Eds.). Modern Foraminifera. Great Britain: Kluwer Academic Publisher, p. 71-89, 1999.

PHLEGER, Fred. **Ecology of foraminifera, northwest Gulf of Mexico: foraminifera distribution**. New York: Geological Society America, p. 1-88, 1951.

PIANNA, B. **Padrões de distribuição dos foraminíferos planctônicos na subsuperfície do talude continental inferior do Estado da Bahia, Brasil**. 2010. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2010.

PINET, Paul Raul. **Invitation to oceanography**. Boston: Jones & Bartlett Learning, 2006.

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

SHEPARD, Francis Parker; DILL, Robert Floyd. **Submarine canyons and other sea valleys**. Chicago: Rand McNally, 1966.

SHERMAN, G. D. **The gênesis and morphology of the alumina-rich laterite clays**. *In*: SHERMAN, G. D. (Eds.). Problems in clay and laterite genesis. St Louis: American Institute of Mining and Metalurgical Engineers, p. 154-161, 1952.

SMART, C. W. **Environmental applications of deep-sea benthic foraminifera**. *In*: HASLETT, S. K. (Ed.). Quaternary environment Micropaleontology. Londres: Arnold Publishers. p. 14-58, 2002.

SUGUIO, Kenitiro. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo: Editora Blücher, 1973.

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

SUGUIO, Kenitiro. **Geologia Sedimentar**. São Paulo: Editora Blucher, 2003.

TEIXEIRA, Wilson; TOLEDO, Maria Cristina Motta de; FAIRCHILD, Thomas Rich; TAIOLI, Fabio. **Decifrando a terra**. São Paulo: Oficina de Texto, 2000.

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, p. 261-284, 2000.

USUI, T.; NAGAO, S.; YAMAMOTO, M.; SUZUKI, K.; KUDO, I.; MONTANI, S.; NODA, A.; MINAGAWA, M. Distribution and sources of organic matter in surficial sediments on the shelf and slope off Tokachi, western North Pacific, inferred from C and N stable isotopes and C/N ratios. **Marine Chemistry**, Amsterdã, v. 98, p. 241-259, 2006.

VAN DER ZWAAN, G. J.; JORISSEN, F. J.; DE STIGTER, H. C. The depth dependency of planktonic/benthic foraminiferal ratios: constraints and applications. **Marine Geology**, Amsterdam, v. 95, n. 1, p. 1-16, 1990.

VICALVI, M. A.; PALMA, J. J. C. Bioestatigrafia e taxas de acumulação dos sedimentos quaternários do talude e sopé continental entre a foz do rio Gurupi (MA) e Fortaleza (CE). **Boletim Técnico da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 23, p. 3-11, 1980.

VITAL, H.; SILVEIRA, I. M.; AMARO, V. E. Carta Sedimentológica da Plataforma Continental Brasileira – Área Guamaré a Macau (NE Brasil), Utilizando Integração de Dados Geológicos e Sensoriamento Remoto. **Revista Brasileira de Geofísica**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 3, p. 233-241, 2005.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, v. 37, p. 29-38, 1934.

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

WETZEL, Robert G. **Limnologia**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1983.

WONGTSCHOWSKI, Carmen Lucia Del Bianco. **Foraminíferos Planctônicos e Bentônicos da Plataforma e Talude Continental do Atlântico Sudoeste, entre 19° - 33° S**. São Paulo: Editora Edusp, 2014.

WU, Z.; HE, M.; LIN, C.; FAN, Y. Distribution and speciation of four heavy metals (Cd, Cr, Mn and Ni) in the surficial sediments from estuary in Daliao river and yingkou bay. **Environmental Earth Sciences**, v. 63, p. 163–175, 2011.