



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA**

---

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**SEDIMENTAÇÃO RECENTE E PALINOLOGIA DO TALUDE  
CONTINENTAL SUPERIOR DO AMAZÔNICO-MARANHÃO**

**Dissertação apresentada por:**

**GABRIELA MIRANDA DE AZEVEDO**

**Orientador: Prof. Dr. Maâmar El Robrini (UFPA)**

---

**BELÉM – PARÁ  
2025**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará**

**Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

---

M672s Azevedo, Gabriela Miranda de.  
Sedimentação recente e palinologia do Talude Continental Superior Amazônico-Maranhão / Gabriela Miranda de Azevedo. — 2025.  
xvi,92 f. : il. color.  
Orientador(a): Prof. Dr. Maamar El Robrini  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Belém, 2025.

1. Sedimentologia. 2. Talude Continental do Amazonas. 3. Palinologia. I. Título.

CDD 551.3098113

---



**Universidade Federal Do Pará**  
**Instituto De Geociências**  
**Programa de Pós-Graduação em Oceanografia**

# **SEDIMENTAÇÃO RECENTE E PALINOLOGIA DO TALUDE CONTINENTAL SUPERIOR AMAZÔNICO- MARANHÃO**

**Dissertação de Mestrado Apresentado Por:**  
**GABRIELA MIRANDA DE AZEVEDO**

**Como requisito parcial a obtenção do Grau de Mestre em Ciências na  
Área de OCEANOGRAFIA, Linha 1: Processos em sistemas costeiros  
e oceânicos.**

Data da Aprovação: 24 de abril de 2025

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** MAAMAR EL ROBRINI  
Data: 10/07/2025 12:32:48-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

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

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** RENAN PEIXOTO ROSARIO  
Data: 15/07/2025 11:32:12-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Renan Peixoto Rosário - Membro Interno  
PPGOC/UFPA

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** JULIANA DE SA GUERREIRO  
Data: 09/07/2025 20:29:57-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Dra. Juliana de Sá Guerreiro – Membro Interno  
Universidade Federal do Pará (UFPA)

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** MARIA DE LOURDES SOUZA SANTOS  
Data: 15/07/2025 21:11:45-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Dra. Maria de Lourdes Souza Santos - Membro Externo  
Universidade Rural da Amazonia (UFRA)

**Dedico** a minha família, que são minha base e porto seguro em todos os momentos de incerteza. Mãe, pai e irmã.

## AGRADECIMENTOS

Certa vez, ouvi um belíssimo texto sobre o tempo. Na física, sabemos que o tempo é uma grandeza vetorial; na filosofia, é muito mais que isso. O mais importante aqui é destacar que o tempo é uno e único.

Esta dissertação representa a passagem do tempo e o amadurecimento. Agradeço imensamente a todos que fizeram parte dessa jornada — especialmente à minha amada família, que sempre me apoiou. À minha mãe, que no momento em que me senti mais perdida, segurou minha mão e disse: "Faz a prova do mestrado, você não tem nada a perder." À minha irmã, que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos, me inspirando, ajudando, ouvindo e até cobrando para que eu escrevesse.

Aos meus pais, Ana e Edson, agradeço por todo o apoio incondicional aos meus sonhos e à minha educação. Este título é dedicado a vocês, pois meu sonho acabou se tornando nosso ao longo dessa trajetória.

Aos meus amigos, que estiveram comigo durante essa desafiadora jornada que é o mestrado — Nicole, Tainara, Aila, José, Bia, Paulo Vitor, Fabrício, Marco, Eduardo, Daniel, João Vítor, Mayara e John — obrigada por estarem sempre por perto ao longo deste caminho.

*“Slow down, you crazy child  
You're so ambitious for a juvenile  
But then if you're so smart  
Tell me why are you still so afraid?*

*Where's the fire?  
What's the hurry about?  
You better cool it off before you burn it out  
You got so much to do and only so many hours in a day  
Ayy*

*But you know that when the truth is told  
That you can get what you want or you can just get old  
You're gonna kick off before you even get halfway through*

*When will you realize  
Vienna waits for you?  
Slow down, you're doing fine  
You can't be everything you wanna be before your time  
Although it's so romantic on the borderline tonight  
Tonight”*

**Billy Joel**

*Vienna*

## RESUMO

O talude continental do Amazonas, próximo ao estado do Pará, é uma região geologicamente complexa, influenciada por fenômenos tectônicos e processos sedimentares associados à proximidade da foz do Rio Amazonas. O Rio Amazonas despeja descarga hídrica de  $5,7 \times 10^{12} \text{ m}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$  e sólida de  $1,2 \times 10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . O talude continental apresenta uma distribuição de cobertura sedimentar diversa, que varia regionalmente, dependendo da origem da fonte de sedimentos. São poucos os trabalhos desenvolvidos (sedimentologia, palinologia e paleontologia) no talude continental da região norte. Este trabalho tem como objetivo principal analisar as características sedimentológicas (granulometria, teor de carbonato de cálcio/ $\text{CaCO}_3$ , matéria orgânica/MO e carbonato orgânico/CO) e investigar a ocorrência de sedimentos férteis da cobertura sedimentar do talude continental superior do Amazonas com base em duas amostras de testemunho (T66 e T144). A metodologia foi baseada em: (1) Pesquisas bibliográficas em plataformas de busca, (2) os testemunhos (parte sub-superficial) foram adquiridos mediante uso de *piston corer*; (3) descrição macroscópica de testemunhos (cor, arranjo estratigráfica, análise sedimentar) e subamostragem dos testemunhos, (4) análise granulométrica dos estratos amostrados, com separação da fração silte/argila, (5) quantificação da MO e  $\text{CaCO}_3$ , e (6) seleção de amostras férteis para as análises palinológicas. Os resultados mostram que os sedimentos são lamosos com predominância da fração silte grosso. Majoritariamente bem selecionados, com assimetria aproximadamente simétrica e curtose platicúrtica. Os teores de MO no testemunho foram altos variaram de 10,64% a 24,42% com média de 16,39% (T66) e 10,64% a 24,42% com média de 16,39% (T144). A investigação preliminar de palinologia confirma a evidência polínica nas amostras. Os sedimentos do talude continental do Amazonas consistem em uma mistura de material alóctone e autóctone, com ocorrência de palinomorfos.

**Palavras-chave:** sedimentologia; palinologia; talude continental do Amazonas.

## ABSTRACT

The continental slope off the Amazonas, coast of Pará is a geologically complex region, influenced by tectonic phenomena and sedimentary processes associated with the proximity of the Amazon River mouth. The Amazon River discharges approximately  $5.7 \times 10^{12}$  m<sup>3</sup> of water per year and  $1.2 \times 10^3$  m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> of solid load. The continental slope displays a diverse sedimentary cover distribution, which varies regionally depending on the origin of the sediment sources. Few studies (in sedimentology, palynology, and paleontology) have been conducted on the continental slope of the northern region. The main objective of this study is to analyze the sedimentological characteristics (grain size distribution, calcium carbonate content/CaCO<sub>3</sub>, organic matter/OM, and organic carbonate/OC) and investigate the occurrence of fertile sediments in the sediment cover of the upper continental slope off Pará, based on two core samples (T66 and T144). The methodology involved: (1) Bibliographic research on scientific databases; (2) Acquisition of sub-surface core samples using a piston corer; (3) Macroscopic description of cores (color, stratigraphic arrangement, and sediment analysis) and core sub-sampling; (4) Grain size analysis of the sampled layers, including separation of the silt/clay fraction; (5) Quantification of OM and CaCO<sub>3</sub> contents; (6) Selection of fertile samples for palynological analysis. The results indicate that the sediments are predominantly muddy, with a dominance of coarse silt fraction. They are mostly well-sorted, with approximately symmetrical skewness and platykurtic kurtosis. OM content in the cores ranged from 10.64% to 24.42%, with an average of 16.39% (T66) and 10.64% to 24.42% with an average of 16.39% (T144). Preliminary palynological investigation confirms the presence of pollen grains in the samples. The sediments from the continental slope off Pará consist of a mixture of allochthonous and autochthonous material, with the occurrence of palynomorphs.

**Keywords:** sedimentology; palynology; Amazon continental slope.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Limites marítimos estabelecidos durante o LEPLAC. Fonte: Marinha Brasileira (2010). .....	8
Figura 2- Principais unidades fisiográficas da margem continental passiva. Fonte: Goes <i>et al.</i> (2017) adaptado de Baptista Neto & Silva (2004). .....	9
Figura 3- Perfil representativo da morfologia da plataforma continental norte do Brasil, adjacente ao Estuário do Rio Pará. Fonte: Gões & Ferreira Jr (2017) adaptado de Coutinho & Morais (1970). .....	10
Figura 4 - Representação de canyons submarinos . Fonte: Encyclopaedia Britannica (2013). .....	11
Figura 5 - Classificação e terminologia de processos deposicionais gravitacionais. Fonte: Martins (2017). .....	13
Figura 6- Classificação de movimentos de massa no talude continental. Fonte: Shanmugam (2019). .....	15
Figura 7- Esboço de uma lâmina de slump (abatimento) submarina mostrando plano de deslizamento tensional na área de desprendimento ascendente e dobramento e empurrão compressivo na zona frontal descendente. Fonte: Shanmugam, (2019).....	15
Figura 8 - Representação esquemática do princípio do espaço-por-tempo subjacente às abordagens de reconstrução climática baseadas em pólen. Fonte: Chevaliera (2020). .....	18
Figura 9 - Modelo conceitual de diferentes processos que contribuem para a preservação do pólen nos sedimentos do lago. Triângulos pretos e brancos representam pólen transportado por longas distâncias pelo rio e pelo vento, respectivamente. Os hexágonos brancos são produzidos por plantas cultivadas ( por exemplo, campos de arroz ou milho) e representam atividade antropogênica . Fonte: Lima-Ribeiro & Barberi (2005)*.....	20
Figura 10- Foraminíferos Bentônicos e planctônicos. Fonte: Petró (2018). .....	21
Figura 11- Histórico de trabalhos de palinologia no talude continental brasileiro. Fonte: Autora. ....	22
Figura 12- Mapa da localização das amostras do talude continental superior do Amazonas. Fonte: Autora.....	25
Figura 13- Mapa da localização das Bacias da Margem Equatorial norte do Brasil, as amostras dos testemunhos T66 e T144 plotados no mapa dentro da bacia da Foz do Amazonas. Fonte: Autora. ....	26
Figura 14- Diagrama estratigráfico da Bacia da Foz do Amazonas. Fonte: Figueiredo <i>et al.</i> (2007). .....	27
Figura 15- Estratigrafia da Margem continental Amazonas. Fonte: Gorini <i>et al.</i> (2014). .....	28
Figura 16- Províncias Morfológicas da Margem Continental Brasileira. Fonte: adaptado pela Autora de Coutinho (2005).....	29
Figura 17- Mapa de limites da Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas e suas sub-bacias (porção brasileira). E mapa de magnitude anual da vazão média pelo teste de Sen's Slope no período de 2000-2014 nas bacias do Rio Amazonas. Fonte: Dias (2023).....	31
Figura 18- Sentido da corrente Norte do Brasil na área de estudo. Fonte: Jovane <i>et al.</i> (2024). .....	33

Figura 19- Navio estadunidense Geoexplorer, responsável pelas amostragem de testemunhos deste projeto. Fonte: Acervo GEMC (2017). .....	35
Figura 20- Sistema de funcionamento do testemunhador do tipo piston corer, ilustração de Leandro Coelho. Fonte: Jovene (2021). .....	35
Figura 21- Esquema ilustrando o funcionamento da válvula de retenção do tipo “aranha”. Ilustração: Leandro Coelho. Fonte: Jovene (2021). .....	36
Figura 22- Abertura do testemunho T66. (A) Marcação da abertura no testemunho, com o uso de pilote e uma calha. (B) Separação do testemunho em duas partes longitudinais e fracionamento a cada 10 cm. (C) Amostra em detalhe com carapaças calcárias. Fonte: Autora. ....	37
Figura 23- Materiais e procedimentos durante as amostragens do testemunho. (A) Centrifuga do LAGEOC. (B) A centrifuga por dentro com amostras em tubo de análise. (C) Amostras na estufa após o peneiramento úmido. (D) Amostras de silte secas após a centrifugação. (D) Vidrarias utilizadas para armazenar amostras silte após a etapa de centrifugação. Fonte: Autora. ....	38
Figura 24- Etapas de laboratório. (A) Amostra sendo pesada na balança analítica; (B) Tubos de ensaio pesados a pares em balança de equilíbrio; (C) Amostra de silte secando na estufa; (D) Pesagem da amostra seca. Fonte: Autora. ....	39
Figura 25- Etapa de queima e amostras secas. (A) Amostra sendo pesada na balança analítica; (B) Amostra na mufla prontas para a queima de MO e/ou CaCO <sub>3</sub> . Fonte: Autora. ....	41
Figura 26- Diagrama triangular de Folk para a classificação de sedimentos finos Fonte: Dias (2004). ....	43
Figura 27- Diagrama de Shepard. Fonte: Dias (2004). ....	43
Figura 28- Diagrama de Pejrup (1988) Adaptado de Correa (2005). ....	44
Figura 29- Etapa de lupa em análises de amostras para a investigação palinológica. Fonte: Autora. ....	48
Figura 30- Análise macroscópica do testemunho T66. Fonte: Autora. ....	51
Figura 31- Análise macroscópica do testemunho T144. Fonte: Autora. ....	53
Figura 32- Gráfico de porcentagens totais das classes granulométricas do testemunho T66. Fonte: Autora. ....	54
Figura 33- Gráfico de porcentagens totais das classes granulométricas do T144. Fonte: Autora. ....	54
Figura 34- Distribuição granulométrica ao longo dos testemunhos T66 e T144. Fonte: Autora. ....	55
Figura 35- Análise de média granulométrica do T66. Fonte: Autora. ....	56
Figura 36- Análise de grau de seleção do T66. Fonte: Autora. ....	57
Figura 37- Valores de curtose do T66. Fonte: Autora. ....	57
Figura 38- Valores de assimetria do T66. Fonte: Autora. ....	57
Figura 39- Classificação de Shepard (1954) para os sedimentos do T66. Fonte: Autora. ....	58
Figura 40- Classificação de Pejrup (1988) para os sedimentos do T66. Fonte: Autora. ....	58
Figura 41- Análise de média granulométrica do T144. Fonte: Autora. ....	60
Figura 42- Análise de grau de seleção do T144. Fonte: Autora. ....	60
Figura 43- Valores de curtose do T144. Fonte: Autora. ....	60
Figura 44- Valores de assimetria do T144. Fonte: Autora. ....	61

Figura 45- Classificação de Shepard (1954) para os sedimentos do T144. Fonte: Autora. ....	61
Figura 46- Classificação de Perjrup (1988) para os sedimentos do testemunho T144. Fonte: Autora. ....	62
Figura 47- Médias totais de matéria orgânica encontradas no T66 e T144. Fonte: Autora. ....	62
Figura 48- Teor de matéria orgânica do T66. Fonte: Autora.....	63
Figura 49- Teor de MO do T66. Fonte: Autora.....	64
Figura 50- Médias totais de CaCO <sub>3</sub> encontradas no T66 e T144. Fonte: Autora. ....	65
Figura 51- Teor em porcentagem de CaCO <sub>3</sub> do T66. Fonte: Autora.....	66
Figura 52- Teor em porcentagem de CaCO <sub>3</sub> do T144. Fonte: Autora.....	67
Figura 53 - Comparação de fotomicrografias e eletromicrografias dos grãos de pólen de espécies medicinais de Asteraceae ( <i>Achillea millefolium</i> ) Stanski <i>et al.</i> (2016) com amostra, do meio, encontrada nas amostras do T66. Fonte: Autora adaptado de Stanski <i>et al.</i> (2016). ....	69
Figura 54- Esta malha destaca 20 registros encontrados na apenas no T66 na última amostra 1G20 (base), em 2,1 m de profundidade. Fonte: Autora. ....	70
Figura 55- Comparação de amostras encontradas com espécies de foraminíferos planctônicos, sendo o de cima a <i>Beella megastoma</i> e o desenho esquemático de baixo a <i>Berggrenia pumilio</i> , Fonte: Autora adaptado de Pétro (2018). ....	71

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Caracterização e coloração das fácies identificadas no testemunho T66.....	50
Tabela 2 - Caracterização e coloração das fácies identificadas no testemunho T144.....	52
Tabela 3 - Classificação dos sedimentos do T66 de acordo com Folk & Ward (1957).....	56
Tabela 4 - Classificação dos sedimentos do T144 de acordo com Folk & Ward (1957).....	59
Tabela 5 - Classificação do T66 de acordo com Larssonneur (1997).....	68
Tabela 6 - Classificação do T144 de acordo com Larssonneur (1997).....	68

## LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

ANM - Agência Nacional de Mineração

BFA – Bacia da Foz do rio Amazonas

BPM – Bacia do Pará-Maranhão.

CaCo<sub>3</sub>- Carbonato de Cálcio.

CNB – Corrente Norte do Brasil.

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DHN - Organização Militar da Marinha do Brasil, representada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação

GEMC - Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros (GEMC)

LAGEOC - Laboratório de Geologia Marinha do Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros (GEMC)

MO – Matéria Orgânica.

REMAC - Projeto Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira

PETROBRAS - Petróleo Brasileiro S.A.

## SUMÁRIO

<b>DEDICATÓRIA</b> .....	iv
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	v
<b>EPÍGRAFE</b> .....	vi
<b>RESUMO</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b> .....	ix
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	xii
<b>LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS</b> .....	xiii
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1 JUSTIFICATIVAS .....	4
1.2 QUESTIONAMENTOS E HIPÓTESES.....	4
<b>2 OBJETIVO</b> .....	6
2.1 OBJETIVO GERAL .....	6
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	6
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	7
3.1 PROJETOS DE RECONHECIMENTO DA MARGEM CONTINENTAL BRASILEIRA.....	7
3.2 MARGEM CONTINENTAL .....	9
<b>3.2.1 Aspectos Geológicos e Geomorfológicos</b> .....	9
3.3 PLATAFORMA CONTINENTAL .....	10
3.4 TALUDE CONTINENTAL .....	10
<b>3.4.1 Processos sedimentares em Talude Continental</b> .....	11
<b>3.4.2 Sedimentação no Talude Continental</b> .....	12
3.5 CORRENTE NORTE DO BRASIL (CNB).....	16
3.6 PALINOLOGIA .....	16
<b>3.6.1 História e conceitos sobre palinologia</b> .....	16
<b>3.6.2 Quaternário e estudos palinológicos</b> .....	18
<b>3.6.3 Palinomorfos, surgimento, transporte e preservação</b> .....	19
3.7 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PALINOLOGIA NO NORTE DO BRASIL E NO TALUDE CONTINENTAL .....	21
<b>3.7.1 Histórico de estudos palinológicos e micropaleontológicos no Talude         Continental</b> .....	21
<b>3.7.2 Palinologia na Região Norte</b> .....	24

<b>4</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	25
4.1	ÁREA DE ESTUDO .....	25
4.1.1	<b>Localização da área de estudo</b> .....	25
4.2	ASPECTOS ESTRATIGRAFICOS .....	26
4.3	ASPECTOS CLIMÁTICOS .....	29
4.4	ASPECTOS HIDROLÓGICOS: RIO AMAZONAS .....	30
4.5	ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS .....	31
4.5.1	<b>Marés</b> .....	32
4.5.2	<b>Corrente Norte do Brasil</b> .....	32
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	34
5.1	AQUISIÇÃO DE DADOS BIBLIOGRÁFICOS .....	34
5.2	AQUISIÇÃO DOS TESTEMUNHOS .....	34
5.3	AMOSTRAGEM LABORATORIAL .....	36
5.3.1	<b>Subamostragem dos testemunhos</b> .....	36
5.3.2	<b>Descrição Macroscópica dos Testemunhos</b> .....	37
5.3.3	<b>Análises Granulométricas</b> .....	37
5.3.4	<b>Quantificação de Matéria Orgânica</b> .....	40
5.3.5	<b>Carbonato de Cálcio</b> .....	41
5.4	ANÁLISE TEXTURAL .....	42
5.4.1	<b>Classificação Textural de Folk (1954)</b> .....	42
5.4.2	<b>Classificação de Shepard (1954)</b> .....	43
5.4.3	<b>Diagrama de Pejrup</b> .....	44
5.4.4	<b>Classificação de Larssonneur</b> .....	45
5.5	ANÁLISE PALEONTOLÓGICAS .....	46
5.5.1	<b>Recuperação e preparação de palinormorfos para a triagem</b> .....	46
5.5.2	<b>Preparação de lâminas palinológicas</b> .....	47
5.5.3	<b>Análises qualitativas por microscopia</b> .....	47
	<b>FLUXOGRAMA DE METODOLOGIA</b> .....	49
<b>6</b>	<b>SEDIMENTAÇÃO E INVESTIGAÇÃO PALINOLOGICA PRELIMINAR DO TALUDE CONTINENTAL SUPERIOR DO AMAZONAS</b> .....	50
	<b>RESULTADOS</b> .....	50
6.1	TEXTURA E DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA .....	50
6.1.1	<b>Descrição Faciológica do testemunho T66</b> .....	50
6.1.2	<b>Descrição Faciológica do testemunho T144</b> .....	51

6.2	GRANULOMETRIA DOS TESTEMUNHOS .....	53
6.2.1	Classificação estatística do T66 .....	55
6.2.2	Classificação estatística do T144 .....	59
6.3	MATÉRIA ORGÂNICA (MO) .....	62
6.3.1	Teor de M.O do T66 .....	62
6.3.2	Teor de M.O do T144 .....	63
6.4	CARBONATO DE CÁLCIO .....	65
6.4.1	Teor de CaCO <sub>3</sub> do T66 .....	65
6.4.2	Teor de CaCO <sub>3</sub> do T144 .....	66
6.4.3	Classificação de Larssonneur (1997) dos testemunhos .....	68
6.5	INVESTIGAÇÃO PALINOLOGICA PRELIMINAR.....	68
7	<b>DISCUSSÃO</b> .....	72
7.1	TEXTURA E GRANULOMETRIA.....	72
7.2	MATÉRIA ORGÂNICA .....	76
7.3	CARBONATO DE CÁLCIO .....	77
7.4	INVESTIGAÇÃO PRELIMINAR DE POLÉNS NO TALUDE DO AMAZONAS	79
7.5	FONTE DOS SEDIMENTOS DO TALUDE CONTINENTAL DO AMAZONAS	81
8	<b>CONCLUSÕES FINAIS</b> .....	82
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	83
	<b>APÊNDICE A - TABELA SINÓTICA DOS ENCONTRADOS 34 TRABALHOS SOBRE ESTUDOS MICROPALÉONTOLOGIA E/OU PALINOLOGIA NO TALUDE CONTINENTAL DO BRASIL.</b> ....	91

## 1 INTRODUÇÃO

A geomorfologia da margem continental é composta pela plataforma talude e sopé continental. De acordo com Durán & Guillén (2017) essa região assimila uma grande variedade de características modernas e relictas, resultado de diferentes fatores de controle, como: estrutura geológica, mudança do nível do mar e sistemas de entrega e dispersão de sedimentos e outros que atuam em diversas escalas de tempo.

A margem continental forma-se pela acumulação de sedimentos de diversas origens (continental, marinha) transportados principalmente pelos rios (Seguiu 2003, Fisher *et al.* 2021). O talude representa a transição entre a plataforma e o sopé continental, apresentando relevância tanto econômica, devido a ocorrência de recursos minerais, energéticos (fósseis) valiosos como gás natural e petróleo, quanto biológica, devido à proximidade com a biodiversidade da plataforma continental que é uma área de grande interesse pesqueiro (Corrêa & Weschenfelder 2015).

O talude continental, foco de estudo do presente trabalho, é uma unidade submarina transicional com inclinação acentuada em direção à profundidade, com uma variação brusca de profundidade que pode ser de 130 m a 3.000 m em uma pequena distância (Corrêa & Weschenfelder 2015), característica que a torna de especial interesse para os estudos oceanográficos devido aos processos sedimentológicos. A plataforma continental brasileira constitui o ambiente de deposição carbonática mais extenso do mundo, estendendo-se desde o estado do Amapá-Pará até o Rio Grande do Sul (Ribeiro *et al.* 2017).

Na década de 70, diante de sua importância econômica e ecológica, o projeto Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira (REMAC) foi coordenado pela Petrobras, em parceria com outras instituições brasileiras, sendo precursor de estudos ao longo da Margem Continental Brasileira (MCB) na aquisição de dados batimétricos, desde a plataforma continental até a planície abissal (Sampaio & Alberoni 2022). O reconhecimento e levantamento da morfologia do fundo marinho brasileiro através de dados geológicos e geofísicos, tornou-se uma prioridade, sendo possível destacar além do REMAC (1971-1984), o Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira LEPLAC (1987 – 2010) e o Programa de Avaliação da Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva REVIZEE (1990 – 2005).

Perante esse esforço precursor foi possível compreender a geomorfologia do Talude Continental Brasileiro (TCB). Investigações geofísicas e sedimentológicas possibilitaram o entendimento da complexidade geológica da região, bem como do potencial econômico e biológico desse ambiente marinho. O projeto REMAC desempenhou um papel crucial na promoção e no avanço dos estudos marinhos nessa área, estabelecendo uma base sólida para a pesquisa oceanográfica na Margem Continental Brasileira. É essencial destacar que a pesca oceânica no Brasil localiza-se sobre a região do talude continental (200-2000 m), área que está limitada tecnologicamente a 1.000-2.000 m de profundidade (Castello & Krug 2015).

O talude continental da margem continental norte do Brasil, situada entre os estados de Amapá, Pará e Maranhão, é uma região geologicamente complexa, influenciada por fenômenos tectônicos e processos sedimentares associados à proximidade do Rio Amazonas. O Rio Amazonas possui uma elevada concentração de sedimentos em suspensão, com variações ao longo do ano, incluindo a pluma do Rio Amazonas, onde a carga sedimentar atinge  $1,2 \times 10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (Silva *et al.* 2023). Três importantes bacias sedimentares compõem a parte norte da margem equatorial brasileira (MEB): a Bacia da Foz do Rio Amazonas, a Bacia do Pará-Maranhão e a Bacia de Barreirinhas. A MEB completa apresenta ainda as Bacias Ceará e Potigar, todas juntas equivalem a uma área sedimentar de 1 milhão de  $\text{km}^2$ , com evolução geológica similar a Margem Oeste Africana com fortes perspectivas de descoberta de acumulação economicamente viável de óleo e gás em reservatórios turbidíticos neocretácicos (Campos 2022).

A porção norte da margem equatorial brasileira tem sido destaque nos últimos anos devido o reconhecimento do Grande Sistema de Recifes do Amazonas (GARS), embora estudados há mais de 40 anos, apenas recentemente o GARS passou a ser considerado um dos mais importantes ecossistemas de recifes mesofóticos do Atlântico Sul, conhecido como um extenso e diverso sistema recifal localizado na margem continental amazônica (Mahiques *et al.* 2019).

A evidenciação do GARS tem gerado polêmicas e especulações quanto a exploração de petróleo em bacia sedimentares da Margem Equatorial brasileira, por situa-se na plataforma continental média e externa da Foz do Rio Amazonas e Pará-Maranhão. Em reportagens a Petrobras afirma que a exploração na Margem Equatorial abrirá uma valiosa fronteira energética no Brasil (Petrobrás 2024), denominada por alguns como o Novo Pré-Sal, tem potencial para se tornar a segunda maior reserva petrolífera do país (Campos 2022, Baptista *et al.* 2022). Diante deste cenário, torna-se necessário destacar que as duas amostras de

testemunho utilizadas nesse estudo, estão localizadas no talude continental da bacia da Foz do Rio Amazonas, portanto fora da área do ecossistema de recifes mesofóticos denominada como GARS, usado apenas para citar e enfatizar o grande interesse econômico, social e ambiental que envolve a região.

É sabido que um conhecimento mais profundo da vegetação do passado, assim como das sucessões e mudanças que possam ocorrer devido a modificações no meio físico, químico e biológico são importantes ferramentas para entender sobre a origem e manutenção da biodiversidade, fornecendo informações precisas para uma melhor conservação e uso equilibrado dos ecossistemas atuais (Lima-Ribeiro & Barberi 2005). Pois os sedimentos registram a história dos processos aos quais foram submetidos ao longo do tempo.

Aspectos texturais e composição dos sedimentos, proporcionam o entendimento das tendências naturais de um determinado ambiente, os parâmetros granulométricos permite a verificação da hidrodinâmica dos fundos marinhos (Pettijohn 1975) e a distribuição desses sedimentos e composição granulométricas dependem de vários fatores como clima, origem, energia de ondas e correntes (Nittrouer *et al.* 2007).

Estudos paleoambientais do Quaternário tardio realizados com registros palinológicos até a década de 80 estiveram restritos a trabalhos de idade holocênica na floresta Amazônica (Kuhn 2017), apesar do crescimento de estudos palinológicos do Quaternário para outras regiões muitas feições principalmente as marinhas ainda possuem sua história ecológica e paleoambiental desconhecida.

Trabalhos de pesquisa de caráter paleoecológico e paleoambiental são escassos no talude continental Norte do Brasil. Nesta área durante o desenvolvimento desta pesquisa não foram encontrados estudos especificamente sobre a palinologia no talude continental da região. Esse cenário contrasta com as regiões Sul e Sudeste, onde há uma base mais consolidada de pesquisas micropaleontológicas e palinologias no talude continental.

Diante dos fatos apresentados, e a importância da margem equatorial brasileira, principalmente neste momento no qual é cobiçada devido o grande potencial de exploração de petróleo e gás. Dessa forma, este estudo busca contribuir para o conhecimento sedimentológico e investigação de amostras férteis da cobertura sedimentar do talude continental superior do Amazonas.

## 1.1 JUSTIFICATIVAS

O estudo da sedimentação holocênica e dos registros palinológicos do talude continental do Amazonas é fundamental para compreender os processos geológicos, climáticos e oceanográficos, que influenciaram a composição sedimentar da região, sendo importante destacar que o talude continental, é uma área de grande interesse econômico devido ao seu potencial em recursos minerais e energéticos, além de sua relevância para a biodiversidade marinha.

Embora existam estudos detalhados sobre a palinologia no talude continental de outras bacias sedimentares brasileiras, como a Bacia de Campos; ainda há uma lacuna significativa neste conhecimento referente a região norte, como as bacias da Foz do Rio Amazonas, Pará-Maranhão e a Barreirinhas.

Os sedimentos contam a história de todos os processos pelo qual passaram ao longo do tempo. Por meio de análises sedimentares, é possível determinar sua origem, os mecanismos de transporte e o tempo de deposição. Quando combinadas com estudos paleontológicos, essas análises permitem reconstruir e caracterizar os ambientes do passado a partir da composição e estrutura dos grãos sedimentares, por isso a importância de verificar se a região possui sedimentos férteis para análises mais detalhadas.

A decisão de investigar a fertilidade das amostras de testemunho para estudos paleontológicos foi motivada pela escassez de pesquisas semelhantes no talude continental do Amazonas, situado na região da Bacia da Foz do Amazonas próximo ao estado do Pará, ao contrário do que ocorre no talude continental Sul do Brasil, especialmente no talude da Bacia de Campos. A resposta a essas questões contribuirá para um melhor entendimento da dinâmica sedimentar e sobre a possibilidade de investir em estudos palinológicos e micro paleontológicos na região.

## 1.2 QUESTIONAMENTOS E HIPÓTESES

A hipótese proposta é que no talude continental superior da Amazonas apresenta amostras férteis para o estudo com paliomorfos. E que no talude continental há forte ocorrência de sedimentos lamosos devido à forte influência hidrológica do Rio Amazonas.

Com base nessa hipótese, surgem alguns questionamentos fundamentais:

- Como a influência do Rio Amazonas afeta a sedimentação e a composição dos depósitos no talude continental? Quais são os processos responsáveis pelo transporte e pela origem desses sedimentos?
- Nos sedimentos do talude continental superior do Amazonas é possível identificar amostras férteis para estudos de palinológicos e de microfósseis ? Quais as possíveis origens dessas amostras ?

## 2 OBJETIVO

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar as características sedimentológicas e investigar ocorrências de sedimentos férteis da cobertura sedimentar do talude continental superior do Amazonas e contribuir para o conhecimento o sedimentológico e preliminar palinológico da região amazônica.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar as características granulométricas e texturais de duas amostras de testemunhos de sedimentos do talude continental superior.
- Avaliar o teor de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e matéria orgânica (MO), a cada 10 cm no testemunhos e a possível fonte dos sedimentos.
- Identificar possíveis ocorrências de sedimentos férteis para análises palinológicas, a ocorrência de pólenes, no talude continental em 3 amostras representando topo, meio e base de cada testemunho.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 PROJETOS DE RECONHECIMENTO DA MARGEM CONTINENTAL BRASILEIRA

No início dos anos de 1970, houve o desenvolvimento de projetos de reconhecimento da margem continental Brasileira no qual as pesquisas oceanográficas foram focadas em projetos de mapeamentos geológicos e geofísicos do assoalho oceânico da plataforma continental brasileira (Lopes 2021), neste contexto houve os primeiros estudos sobre o talude continental. A expedição científica do Projeto Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira (REMAC), realizada de 1971 a 1978, foi pioneira e se tornou um marco no desenvolvimento dos estudos marinhos no Brasil (Barreto 1974, Amaral 1979, Lopes 2023). A relevância dessa iniciativa divide os estudos na Margem Continental Brasileira em duas fases distintas: antes e depois do projeto REMAC.

Conforme mencionado por Chaves (1983), os levantamentos geofísicos realizados antes do projeto REMAC eram limitados aos estudos conduzidos pela Marinha Brasileira. Os primeiros estudos na Margem Continental Brasileira ocorreram durante o cruzeiro do H.M.S. Challenger, que teve início em 1872. Posteriormente, em 1953, a inclusão do Departamento de Geofísica na Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) permitiu a participação do Brasil no Ano Geofísico Internacional (1957/58), com a colaboração de navios internacionais nas pesquisas.

O projeto REMAC teve como finalidade o processamento de dados geológicos e geofísicos na Margem Continental do Brasil. Segundo Barreto (1974), a etapa na região norte, foi realizada entre abril e novembro de 1973, desenvolvida por meio de parcerias entre instituições importantes da época, tais como PETROBRAS, CPRM, o antigo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), atualmente substituído pela Agência Nacional de Mineração (ANM), a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). O projeto alcançou o propósito estabelecido ao gerar uma vasta quantidade de dados geomorfológicos, sedimentológicos de fundo e mapeamento da região, permitindo a identificação de diversas ocorrências minerais na Margem Continental Brasileira e em áreas adjacentes.

Além do REMAC outros importantes projetos científicos foram desenvolvidos para ampliar o conhecimento sobre essa área marinha. Dentre eles, destacam-se o Plano de Levantamento da

Plataforma Continental Brasileira - LEPLAC (1987 – 2010) no qual foram estabelecidos os Limites marítimos da margem continental Brasileira (Fig.1); uma cooperação entre pesquisadores brasileiros e norte-americanos gerou o projeto Amazon Shelf Sediment Study AmasSeds/1989-1992) importante para a compreensão da dinâmica da plataforma continental adjacente a foz do Amazonas (Nittrouer & Kuehl, 1995); o Programa de Avaliação da Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva REVIZEE (1990 – 2005), e o Programa de Avaliação da Potencialidade Mineral da Plataforma Continental Jurídica Brasileira - REMPLAC (1997 – até hoje). O programa REVIZEE é considerado como o maior esforço integrado desenvolvido no país para a avaliação de estoques pesqueiros (Serafim 2007).

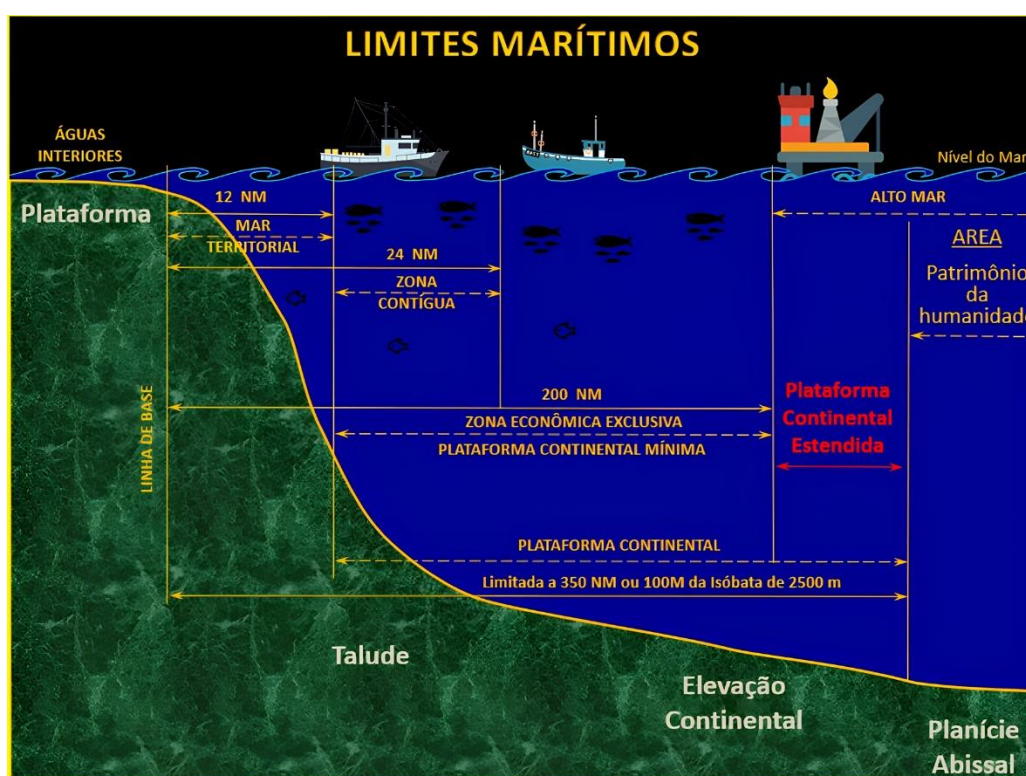


Figura 1- Limites marítimos estabelecidos durante o LEPLAC. Fonte: Marinha Brasileira (2010).

O Programa REVIZEE (1990 – 2005), por sua vez, teve como foco o levantamento dos potenciais sustentáveis de captura dos recursos vivos na Zona Econômica Exclusiva (ZEE) do Brasil. Com uma abordagem multidisciplinar e descentralizada, esse projeto integrou profissionais especializados nas áreas física, química, geológica, biológica e de recursos pesqueiros para obter o melhor entendimento sobre a distribuição e sazonalidade dos recursos vivos na ZEE (SisRevizee 2021).

Durante este programa na região norte, foram desenvolvidos muitos trabalhos quanto a análises físicas e químicas (Santos *et al.* 2016, Silva *et al.* 2009), biológica (Zacardi *et al.* 2008;

Bittencourt *et al.* 2007, Oliveira *et al.* 2002, Silva 2005) e principalmente relacionado aos crustáceos (Silva *et al.* 2002, Ramos-Porto *et al.* 2003, Cintra *et al.* 2003, Silva *et al.* 2003, Silva *et al.* 2007, Melo 2013, Bezerra 2006) e outros recursos pesqueiros. Sendo destaque para esse projeto, os relatórios referentes a espécies biológicas no talude continental da região norte pois fortalecem a contextualização sobre a importância de biodiversidade na região seja em relação ao aumento da quantidade de táxons em direção à quebra do talude continental (Bittencourt *et al.* 2007) ou que enfatizem a importância socioeconômica das espécies de camarão encontradas no talude continental (Pezzuto *et al.* 2005; Pezzuto 2016, Silva 2017).

### 3.2 MARGEM CONTINENTAL

#### 3.2.1 Aspectos Geológicos e Geomorfológicos

A Margem Continental do Brasil (MCB) desenvolve-se há aproximadamente 152 Ma (Jurássico Superior), após a fragmentação do supercontinente Gondwana, devido a movimentação de placas tectônicas (Martins & Carneiro 2012, Goes *et al.* 2017). Essa região geológica é subdividida em três províncias fisiográficas: plataforma continental, talude e elevação continental (Fig.2).

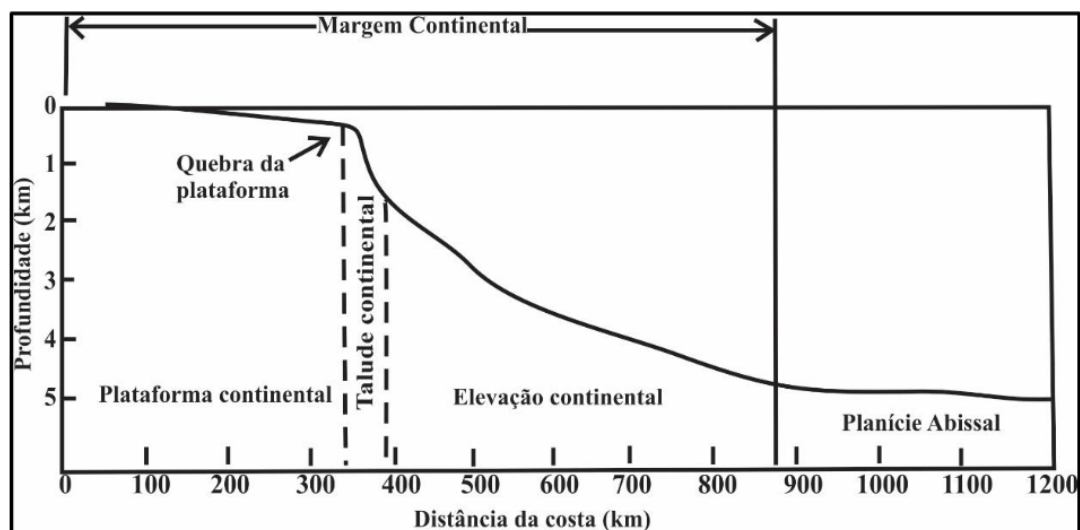


Figura 2- Principais unidades fisiográficas da margem continental passiva. Fonte: Goes *et al.* (2017) adaptado de Baptista Neto & Silva (2004).

As margens continentais representam unidades fisiográficas que marcam a transição entre os continentes e os oceanos, sendo classificadas como "Passiva" ou "Atlântico" e "Ativa" ou "Pacífico" (Goes *et al.* 2017). A margem continental Brasileira é do tipo passiva ou Atlântica, está também é denominada de margem divergente, que determinam a transição oceano-

continente em uma mesma placa litosférica, ou seja, fora do limite de placas (Goes & Ferreira Jr 2017).

A geomorfologia da margem continental é moldada por processos geológicos como o rifte e a subducção, bem como pelas diferenças no equilíbrio isostático de elevação entre a crosta oceânica e a crosta continental adjacente (Mosher *et al.* 2017).

### 3.3 PLATAFORMA CONTINENTAL

A plataforma continental é uma zona adjacente aos continentes, (Fig.2) com faixa mais rasa da margem continental, dispõe-se em forma de tabuleiro ou terraço, estendendo-se do infralitoral em direção ao mar até a quebra do talude continental (Durán & Guillén 2017, Goes & Ferreira Jr 2017). A largura da plataforma continental Brasileira (MCB) varia significativamente. No setores norte e sul é mais larga (Fig.3), sendo possível verificar a profundidade de quebra da plataforma entre 75 e 80 m (Baptista Neto & Silva 2004, Goes & Ferreira Jr 2017), sendo ao sul de 3°S, a plataforma continental é estreita e recoberta por sedimentos carbonáticos (Knoppers *et al.* 1999, Aguiar *et al.* 2022). Ao norte de 3°S, a MCB que abriga a Plataforma Continental Amazônica (ACS) está sob influência direta do Rio Amazonas, se alarga para 100–300 km Próximo do Rio Amazonas, com sedimentos de lama fluida (Aguiar *et al.* 2022). É uma unidade submarina, que apresenta-se com declividade acentuada com gradiente superior a 1:40 (Mosher *et al.* 2021), e devido a isso ocorrem correntes de turbidez (Noucoucok 2020).

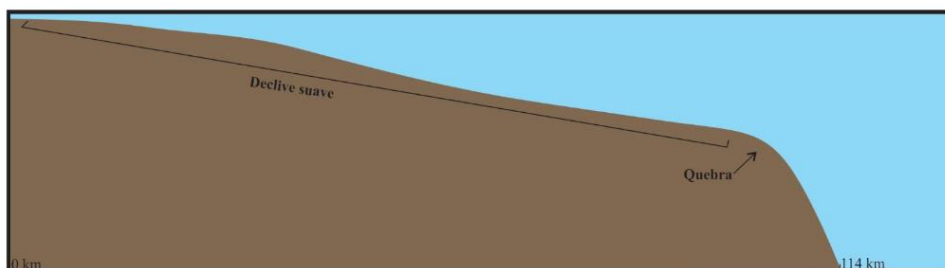


Figura 3- Perfil representativo da morfologia da plataforma continental norte do Brasil, adjacente ao Estuário do Rio Pará. Fonte: Gões & Ferreira Jr (2017) adaptado de Coutinho & Moraes (1970).

### 3.4 TALUDE CONTINENTAL

O talude continental é a parte intermediária e mais íngreme do piso marinho (Corrêa & Weschermfelder, 2015), representando a zona de transição entre as crostas continental e a região oceânica, ou seja, entre a plataforma e o sopé continental. A inclinação acentuada para a

profundidade, que começa após a partir da quebra da plataforma continental (Mosher *et al.* 2021); sendo, recortado por com relevo irregular e ocorrência de canyons e vales submersos (Fig.4), que são semelhantes aos desfiladeiros terrestres sendo grandes vales que corta a plataforma continental até a zona abissal (Pratson *et al.* 2007, Fisher *et al.* 2021, Corrêa & Weschenfelder 2015). O talude continental está amplamente distribuído e possui grande importância ecológica devido à sua conexão com a plataforma continental e as bacias oceânicas globais (Bluhm *et al.* 2020). A profundidade nesta região varia de 20 a 550 m, com profundidade média global de 140 m (Durán & Guillén, 2017).

O talude continental ocorre na faixa de profundidades variando de 100-200 até 3.000 m e largura de 20 a 100 km (Mosher *et al.* 2021). Dentre os aspectos geomorfológicos significativos, destacam-se os canyons submarinos (Fig.4), que são semelhantes aos desfiladeiros terrestres sendo grandes vales que corta a plataforma continental até a zona abissal (Pratson *et al.* 2007, Fisher *et al.* 2021).

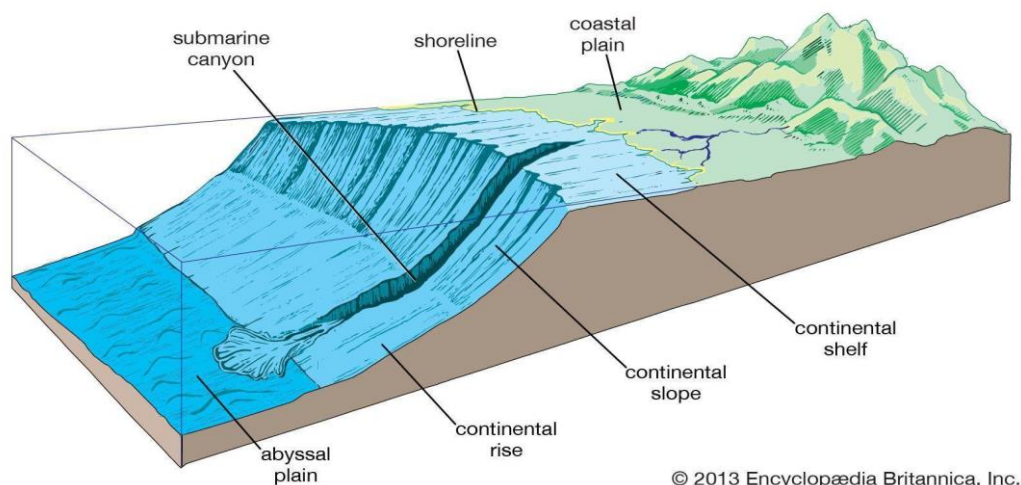


Figura 4 - Representação de canyons submarinos . Fonte: Encyclopaedia Britannica (2013).

### 3.4.1 Processos sedimentares em Talude Continental

No talude continental, ocorrem as marés, ondas e correntes oceânicas (Durán & Guillén, 2017). Os principais processos atuantes no talude continental podem ser categorizados em cinco tipos: (1) transporte e sedimentação a partir da plataforma continental; (2) processos de erosão e instabilidade; (3) sedimentos alóctones; (4) neotectônica; e (5) massas de água e correntes oceânicas (Durán & Guillén, 2017).

Os sedimentos alóctones da plataforma continental para a bacia oceânica podem ser mantidos pelo sistema costeiros regressivos, no qual a linha de costa avança em direção ao *offshore*, causando a sobreposição de fácies continentais sob fácies marinhas com a deposição significativa, tanto do talude continental quanto nas bacias profundas (Fisher *et al.* 2021). Portanto, é correto destacar que de Sedimentos provindo de rios, deltas e estuários suprem o talude continental, através da plataforma continental e cânions submarinos. Na região de estudo, os sedimentos terrígenos são oriundos principalmente dos Rios Amazonas e Pará, que chegam ao talude continental, sendo redistribuídos por correntes oceânicas (Garcia *et al.* 2024).

A Corrente Norte do Brasil (CNB) transporta os sedimentos no talude continental, especialmente os provenientes da pluma do Rio Amazonas (Giordani *et al.* 2024). Esta corrente, junto com a Subcorrente Norte do Brasil (SCNB), transporta água quente e sedimentos da plataforma continental, contribuindo para a deposição em regiões mais profundas, como cânions submarinos (Aguiar *et al.* 2022; Olivier *et al.* 2024). Na Plataforma Continental Norte brasileira (Amapá, Pará e Maranhão), com extensão máxima de 320 km da foz do Rio Amazonas até o talude continental (Silva 2017), no qual a Corrente Norte do Brasil (CNB) transporta águas superficiais quentes para o Norte e flui sobre a em um sentidos de quebra do talude continental do Amazonas (Richardson *et al.* 1994).

### 3.4.2 Sedimentação no Talude Continental

A sedimentação é o processo de acumulação ou formação de sedimentos sobre o talude continental, sendo mais íngreme se torna a região com maior propensão à erosão sedimentar. Na parte superior, onde a declividade supera 10 graus, a erosão é predominante; contudo, com a diminuição do gradiente em sua base, o processo de sedimentação torna-se mais dominante (Suguio 2003, Neto *et al.* 2004).

O talude continental é caracterizada por regimes de sedimentação distintos (Palma 1984), sendo uma região de depósitos instáveis, devido à mudança abrupta de declividade (de 1:1000 na plataforma para 1:40 no talude superior), podendo se deslizar para o oceano profundo. Esses depósitos sedimentares, deslizam e se dispersam no fundo oceânico por transporte de massa (Castello & Krug 2015).

Os sedimentos acumulados no talude continental são formados por material biogênico (conchas de organismos bentônicos e plâncton), terrígeno (origem continental) e vulcânico (cinzas) (Suguió 2003), conferindo à área uma riqueza e diversidade significativas. O estilo de sedimentação é mantido por processos relacionados à circulação de fundo, dinâmica de resedimentação, correntes e deposição pelágica (Baptista Neto 2004). A fonte dos sedimentos terrígenos são os rios, esse transporte de sedimentos em rios é um processo natural, no qual o sedimento é movido para jusante pelo fluxo da água (Pierre 2018).

Segundo Shanmugam (2019), os fluxos de gravidade de sedimentos, são formados por quatro tipos: (1) fluxo de detritos, (2) correntes de turbidez, (3) sedimentos fluidizados e (4) fluxo de grãos. Sendo os mais importantes os fluxos de detritos e correntes de turbidez, processos diferenciados com base na reologia do fluido, expressa como uma relação entre a tensão de cisalhamento aplicada e a taxa de deformação de cisalhamento e no estado do fluxo (Fig.5).

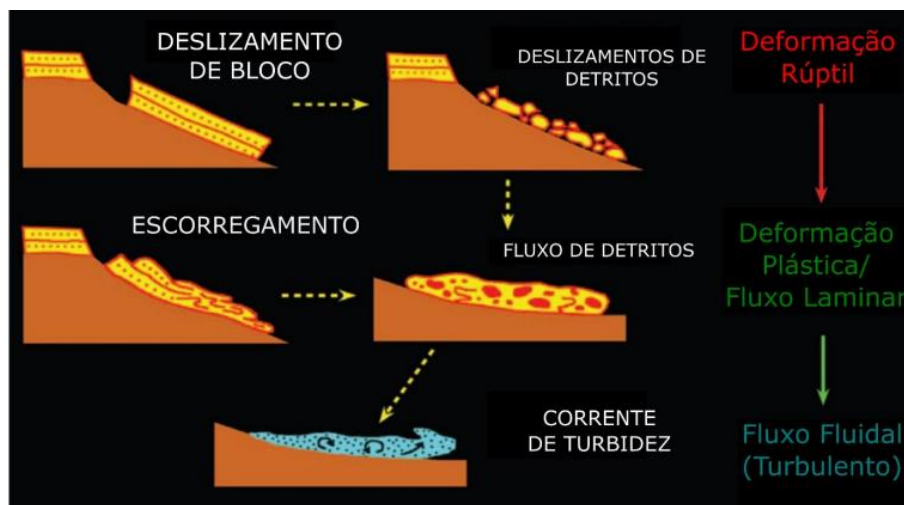


Figura 5 - Classificação e terminologia de processos deposicionais gravitacionais. Fonte: Martins (2017).

Os cânions submarinos, que recortam a plataforma continental, são responsáveis pelo transporte de grande quantidade de sedimentos para a bacia oceânica profunda através de uma arquitetura agradacional/onlap (sistemas alimentados por cânions) (Fisher *et al.* 2021). A cabeceira de cânions submarinos, são áreas-chave para a compreensão do processo de transferências sedimentar terra-mar, que inclui os fatores desencadeadores das correntes gravitacionais submarinas responsáveis pela manutenção sedimentar de bacias profundas através da transferência de sedimentos detríticos (Babonneau *et al.* 2013).

Os sedimentos no talude continental oriundos de cânions submarinos possuem características sedimentológicas muito específicas, como estratificação gradacional (mudança progressiva do tamanho dos grãos dentro das camadas sedimentares) e estruturas geradas por fluxo turbulento, fatores que permitem a diferenciação dos transportados da bacias abissais alimentados diretamente por sistemas vindos da plataforma continental (Fisher *et al.* 2021). Os cânions são locais de transporte de sedimentos para o talude continental e considerados áreas de sumidouros temporários para os sedimentos continentais (Chiang *et al.* 2022).

Dependendo do modo de sedimentação, os depósitos oceânicos são formados por três tipos de processos: (a) deposição massiva, (b) sedimentação pelágica e (c) sedimentação autigênica (Castello & Krug 2015). Os sedimentos transportados e acumulados no talude continental diferenciam-se pelo tipo de material, podendo ser consolidado ou inconsolidado, e são deslocados por falhas e fraturas, deslizamentos (*slides*), escorregamentos (*slumps*) e fluxos turbulentos (Mulder 2011). Esses depósitos são considerados intermediários entre os depósitos neríticos e pelágicos (Suguio 2003).

### *Slides e Slumps*

No talude continental existem duas massas coerentes de sedimentos (Fig.6), os *slides* (deslizamento) se movimentam ao longo de um plano de deslizamento planar, sem deformação interna relacionado a atividade neotectônica, representando movimentos de cisalhamento translacional da superfície, devido a taxa de sedimentação ser alta, são oriundos rios carregados de sedimentos e em cânion submarino que pode gerar deslizamentos por causa de seus gradientes íngremes (Shanmugam 2019). Enquanto que o *slumps* (abatimento), com apresentam fáceis de dobramento, movimenta-se em um plano de deslizamento côncavo para cima (Fig.7), com movimentos rotacionais causando deformação interna, e representam movimentos rotacionais de superfície de cisalhamento capazes de transportar cascalho e areia de granulação grossa por causa de sua resistência inerente (Shanmugam 2019).

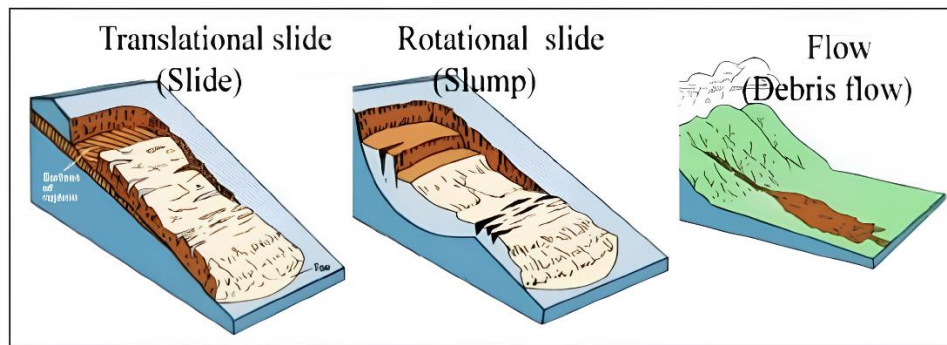


Figura 6- Classificação de movimentos de massa no talude continental. Fonte: Shanmugam (2019).

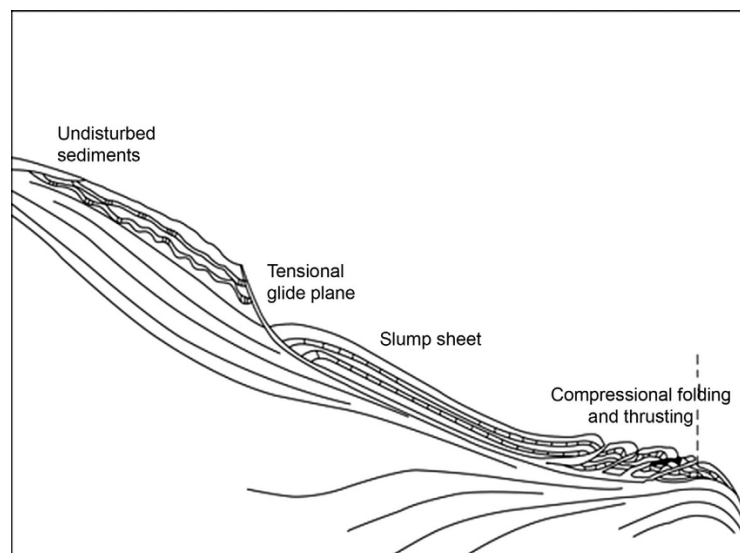


Figura 7- Esboço de uma lâmina de slump (abatimento) submarina mostrando plano de deslizamento tensional na área de desprendimento ascendente e dobramento e empurrão compressivo na zona frontal descendente. Fonte: Shanmugam, (2019).

### *Corrente de turbidez*

As correntes de turbidez desempenham um papel essencial no transporte sedimentar no talude e no sopé continental. Esse processo ocorre devido à maior densidade da mistura de sedimento e água em relação à água do mar, gerando movimento ao longo do assoalho oceânico (Wicander & Monroe 2009). Através de canyons submarinos, as correntes de turbidez mergulham pelo talude continental, fluindo para o assoalho oceânico profundo e depositando sequências estratigráficas gradacionais (Wicander & Monroe 2009). Outro processo importante nesse é o transporte de massa é induzido por gravidade, que age principalmente nos sedimentos depositados no topo do talude continental (Castello & Krug 2015).

A corrente de turbidez é definida como uma corrente em que a turbulência do fluido é o principal mecanismo de transporte de partículas, sendo mais densas e capazes de deslocar a água menos densa pelo talude continental, devido a transferência por densidade e depositado por meio de suspensão (Piper & Normark 2009, Shanmugam 2019). Os processos que geram esses fluxos sempre incluem um componente gravitacional e podem ser iniciados por três tipos de mecanismos: (1) processos oceânicos que atuam no topo de canyons submarinos; (2) Transformação de um deslizamento submarino em um fluxo laminar e, posteriormente, em um fluxo turbulento; e (3) fluxo direto de rios continentais para o ambiente submarino (Mulder 2011).

### 3.5 CORRENTE NORTE DO BRASIL (CNB)

Segundo Giordani *et al.* (2024) a Corrente Norte do Brasil (CNB) estabelece um gradiente de temperatura superficial do mar, com profundidade de 500 km e velocidade de até 100 cm/s, e faixa entre 100 a 200 km de largura, sendo a principal responsável pelo transporte de água quente. A CNB apresenta dois tipos de comportamentos, o primeiro é o fluxo contínuo para noroeste, junto à quebra da plataforma continental que ocorre de fevereiro a junho. As correntes de superfície do oceano, especialmente a CNB, são os principais fatores que influenciam os padrões de dispersão da pluma do rio (Molleri *et al.* 2010). O domínio da pluma do Rio Amazonas próximo à sua foz ocorre no primeiro semestre do ano, coincide com a maior vazão do rio e ventos alísios de nordeste. Na área oceânica, o deslocamento da pluma é realizado para noroeste, pela CNB, em direção ao Mar do Caribe (Field, 2005, Silva *et al.* 2009).

### 3.6 PALINOLOGIA

#### 3.6.1 História e conceitos sobre palinologia

A invenção do microscópio no final do século XVI, representou o começo de novas e importantes descobertas científicas (Halbritter *et al.* 2018). As obras de Grow, compiladas no livro “*The Anatomy of Plants*”, considerado como o fundamento da anatomia vegetal, observou a constância dos caracteres do pólen dentro da mesma espécie e o autor Malpighi na obra ‘*Anatomia Plantarum*’ foi o pioneiro na descrição detalhada dos sulcos de germinação dos grãos de pólen como tendo sulcos de germinação, outras obras como de Wodehouse (1935) e Ducker e Knox (1985), foram de importante contribuição para morfologia do pólen (Halbritter *et al.* 2018).

A palinologia é uma vertente de estudos conectada com a paleobotânica definida como a ciência dos grãos de pólen e esporos (Erdtman 1963, Correia *et al.* 2017). A palinologia foi denominada segundo Hyde e Willians (1945), como usada para se referir ao estudo dos microfósseis de origem orgânica, como grãos de pólen de gimnospermas e angiospermas e esporos das briófitas e pteridófitas (Erdtman 1963, Salgado-Labouriau, 1961). Após certo tempo Erdtman (1952) complementou dizendo que esse termo é aplicado para estudos paredes (estruturas externas) dos esporos e grãos de pólen sem levar em conta o seu interior vivo, graças a grande variedade de formas (Erdtman 1963). Em estudos pioneiro von Humboldt e Bonpland (1807), demonstraram que os padrões de distribuição espacial da vegetação são influenciados pelo clima (Chevaliera 2020) portanto ao estudar a distribuição palinologica das espécies consegue-se ter uma breve compreensão do clima no qual a mesma foi depositada.

Nas últimas décadas a o estudo da morfologia de grão de polén, fósseis e/ou atuais, estão sendo cada vez mais utilizados para a reconstrução paleoambiental e paleoclimatica de ambientes do passado. Essa ciência ganhou força início no século XX, devido a descoberta da alergia causada pelo pólen no sistema respiratório a palinose (Wodehouse 1935 *apud* Salgado-Labouriau 1961), houve então um esforço de estudos nesta área até o constatação que estas estruturas constituem um bom fóssil-guia para os estudos do passado.

Portando o pólen fóssil tem sido usado cada vez mais como uma importante proxy paleoecológico e paleoclimatológico (Birks, 2019, Chevaliera 2020), o banco de dados de palinomorfos continentais e suas afinidades botânicas, vem auxiliando inclusive nas modelagens paleoceanográficas (Freitas 2005). O estudo palinológicos refletem uma grande variedade de habitat e características, necessários para a reconstrução paleoambiental, com bom potencial de fossilização por causa do envolto externo bem resistente composta por esporopolenina (Traverse 2007).

A palinologia é uma ciência altamente qualificada, que requer paciência, observação e um olho para os detalhes, por isso palinologistas se esforçam para garantir consistência em seus trabalhos, facilitada pelo uso de coleções de referência, bancos de dados e protocolos de contagem visando minimizar erros (grãos perdidos ou recontados) ( Holt & Bennett 2014).

Existe uma aplicação da paleoclimatologia, com uma metodologia quantitativa moderna baseada em grãos de pólen. Essa ciência precisou passar pelo desenvolvimento de uma gama diversificada de técnicas estatísticas ou de modelagem para transformar dados de conjuntos de pólen fóssil em estimativas climáticas passadas. A grande maioria dos modelos, usa as relações

modernas entre clima e pólen para inferir climas passados sob a suposição de que composições semelhantes de pólen são o resultado das mesmas condições climáticas (Chevaliera 2020).

Na técnica de abordagem de substituição ‘espaço-por-tempo’ no primeiro estágio (calibração moderna) extrair informações de redes de dados modernos para representar a relação empírica existente entre clima e plantas (Fig.8), distribuições de plantas ou conjuntos de pólen; e no segundo estágio, chamado de reconstrução climática, relações são então usadas para fazer inferências quantitativas sobre climas passados a partir de conjuntos de pólen fóssil (Blois *et al.* 2013, Chevaliera 2020).

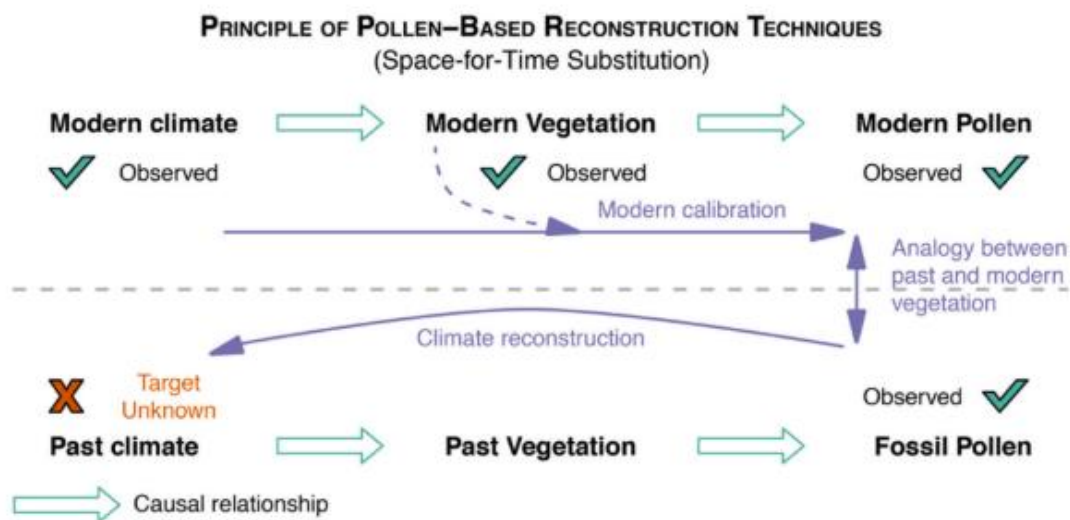


Figura 8 - Representação esquemática do princípio do espaço-por-tempo subjacente às abordagens de reconstrução climática baseadas em pólen. Fonte: Chevaliera (2020).

É necessário destacar que a composição de uma flora de pólen fóssil em um solo depende de vários fatores diferentes, como a produção de pólen das espécies de plantas individuais, a composição da vegetação da qual o pólen se origina, o processo de dispersão do pólen, a sedimentação, infiltração no solo e por fim a preservação (Havinga 1967).

### 3.6.2 Quaternário e estudos palinológicos

O termo Quaternário foi criado por Desnoyers (1829), para caracterizar os depósitos marinhos superpostas aos sedimentos Paleogeno e Neogeno da Bacia de Paris. O Quaternário foi palco de importantes eventos paleoclimáticas, que motivou pesquisadores a direcionar esforços com intuito de desvendar as suas causas e evolução (Suguio *et al.* 2005, Sant’ Ana Neto

& Nery 2005). As análises palinológicas realizadas em sedimentos pré-quadernário são utilizadas para determinar zonas bioestratigráficas, sendo uma prática comum em empresas exploradoras de petróleo (Lima-Ribeiro & Barberi 2005).

### 3.6.3 Palinomorfos, surgimento, transporte e preservação

O palinomorfo é um termo mais amplo por incluir outros microfósseis de parede orgânicas e são recuperados com técnicas específicas (Salgado-Laboriau 2007). Sendo importante, para esse projeto destaca os palinomorfos de origem marinha com cistos de dinoflagelados, palinoforaminíferos, quitinozoários, escolecodontes e cistos de determinados tipos de algas e acritarcos.

Ao contrário dos macro-restos de plantas que só podem ser usados como dados de presença/ausência, os grãos de pólen são muito mais abundantes em sedimentos e podem ser usados para derivar proporções relativas de táxons de pólen, o que permite inferências estatísticas mais refinadas sobre climas passados. A confiabilidade dessas porcentagens depende diretamente do número de grãos de pólen contados ( Maher, 1981 ; Maher, 1972 ).

É sabido que os grãos de pólen são produzidos em todos os ambientes onde existam plantas portadoras de sementes (espermatófitos) ( Wodehouse 1935 *apud* Chevalier *et al.* 2020). Esses palinomorfos são preservados por longos períodos de tempo em ambientes anóxicos, guardando o registro das migrações e sucessões vegetais durante todo o período de deposição, isso só é possível por conterem polímero quimicamente estável (esporopolenina) nas paredes dos grãos de pólen (Havinga 1967 *apud* Chevalier *et al.* 2020 ).

O grão de pólen, é o gameta masculino no processo de fertilização de plantas superiores (Gimnospermas e Angiospermas), enquanto o gameta feminino é a oosfera, esse tipo de fecundação ocorre apenas nas flores. Enquanto isso, as plantas sem flores, Briófitas e Pteridófitas, reproduzem-se por meio de esporos, que germinam quando encontram ambientes adequados para a sobrevivência.

O grão de pólen é produzido em grandes quantidades no ciclo reprodutivo (Fig.9), sendo uma estrutura microscópica pode ser transportado pelo vento (espécies anemófilas), animais (espécies zoófilas ou entomófilas) e pela parte feminina das plantas (gineceu) ( Lima-Ribeiro & Barberi 2005). Táxons anemófilos geralmente possuem altas taxas de produção de pólen

quando comparados com táxons entomófilos que produzem menos grãos (Chevalier *et al.* 2020).

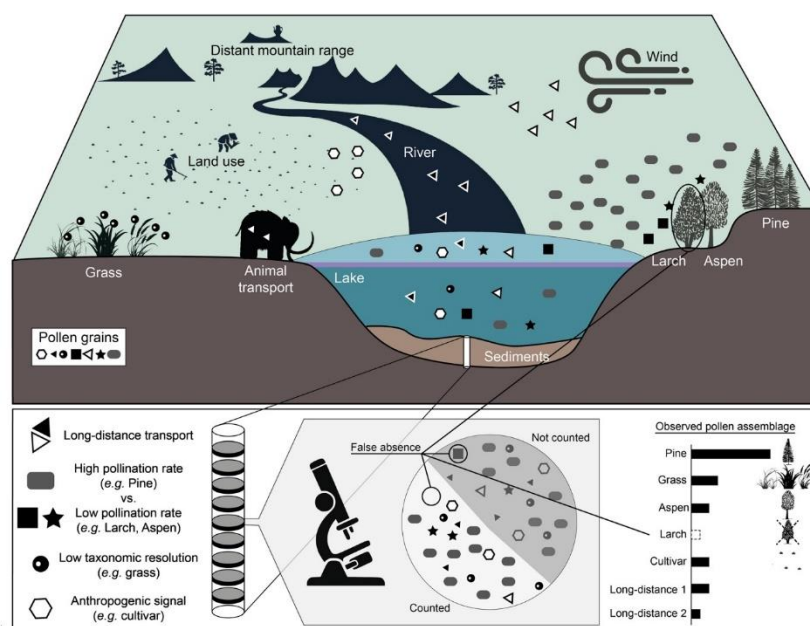


Figura 9 - Modelo conceitual de diferentes processos que contribuem para a preservação do pólen nos sedimentos do lago. Triângulos pretos e brancos representam pólen transportado por longas distâncias pelo rio e pelo vento, respectivamente. Os hexágonos brancos são produzidos por plantas cultivadas (por exemplo, campos de arroz ou milho) e representam atividade antropogênica. Fonte: Lima-Ribeiro & Barberi (2005)\*

Os palinóforos são transportados e caindo no solo ou em superfícies aquosas, e neste processo acabam encontrados em ambientes específicos e sem oxidação no qual são preservados e acumulados com o passar do tempo, esses ambientes podem ser turfas, lagos pântanos entre outros (Lima-Ribeiro & Barberi 2005). O principal agente de transporte dos grãos de pólen é o vento (vetor dominante) responsável por misturar grãos no ar de vários locais, e por riachos e rios que podem transportar grãos sobre a terra, dependendo da hidrologia local (Chevalier *et al.* 2020).

Porém, cada espécie de planta possui adota estratégias específicas de produção e dispersão, fator que influencia na representação e abundância de táxons em registros de pólen fóssil (Chevalier *et al.* 2020). Quando os grãos de pólen e esporos são depositados no ambiente marinho, podem ser transportados por grandes áreas pelas correntes aéreas e fluviais (Regali 1971). A forte presença de microplâncton ao lado dos polens e esporos sugere ambiente marinho ou salobro (Upshaw 1962). A ocorrência de registros palinológicos é abundante até a plataforma continental, no talude continental essa ocorrência é considerada comum, porém na planície abissal extremamente raro o aparecimento de pólen (Kuhn 2017). Há várias

classificações diferentes para os foraminíferos, divididos em bentônicos e planctônicos, sendo as classificações atuais baseadas nos aspectos morfológicos das carapaças (Petró 2018).

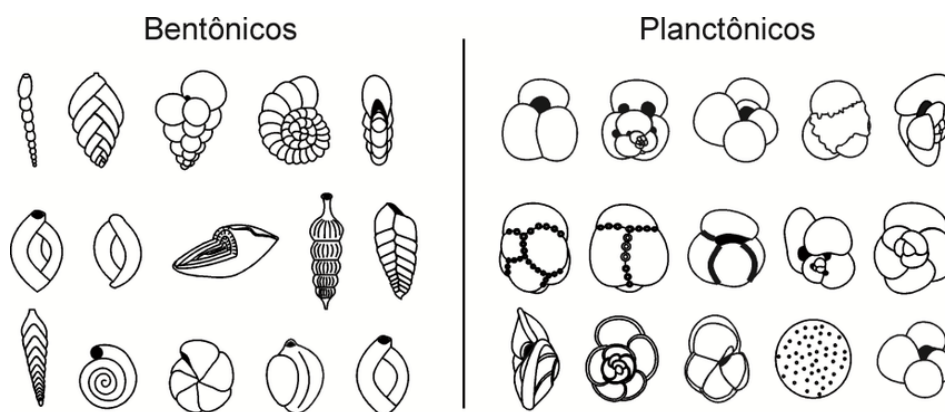


Figura 10- Foraminíferos Bentônicos e planctônicos. Fonte: Petró (2018).

### 3.7 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PALINOLOGIA NO NORTE DO BRASIL E NO TALUDE CONTINENTAL

#### 3.7.1 Histórico de estudos palinológicos e micropaleontológicos no Talude Continental

A evolução do ambiente marinho brasileiro durante o Quaternário tem sido extensivamente estudada nas áreas costeiras. No entanto, ao voltar a atenção para regiões mais afastadas, como o talude e o sopé continental, esses estudos se tornam significativamente escassos. Por essa razão, neste trabalho, optou-se por primeiramente fazer uma breve contextualização acerca do conteúdo micropaleontológico e palinológico existente no talude continental brasileiro. Os primeiros estudos nessa região tiveram início na década de 70, no Sul do Brasil, através do projeto REMAC. Importante destacar que Vicalvi (1977) estabeleceu um zoneamento bioestratigráfico para o Quaternário, baseando-se em foraminíferos oriundos de amostras de testemunhos da plataforma e talude continental superior do Sul do Brasil (Gonçalves & Dehnhardt 1999).

Gonçalves & Dehnhardt (1999) foram pioneiras no estudo de nanofósseis calcários do Quaternário, desenvolvido no Cone do Rio Grande, área que abrange o talude e a elevação continental. Esse estudo contribuiu para o entendimento da dinâmica deposicional, inferências climáticas e bioestratigráficas no talude e sopé continental do Sul do Brasil.

Gonçalves & Dehnhardt (1999), enfatizam a relevância de pesquisas anteriores realizadas por Bertels *et al.* (1980), Madeira-Falcetta *et al.* (1980), que utilizaram foraminíferos

e radiolários permitindo reconhecer eventos de oscilações do nível do mar e ambientes deposicionais no talude continental. A região sul, em particular a Plataforma continental do Rio Grande do Sul, apresenta-se como precursora em estudos micropaleontologia, com trabalhos de Boltovskoy (1973) na plataforma continental e Vicalvi (1977) no talude continental superior do Sul brasileiro (Gonçalves & Dehnhardt 1999).

A Bacia de Campos, na região sudeste do Brasil, é a que possui a maior quantidade de pesquisas sobre o talude continental. Esta ampla distribuição de trabalhos deve-se à relevância da bacia, destacada como a sedimentação da Margem Continental Brasileira mais importante devido ao alto potencial gerador de hidrocarbonetos (Freitas 2005), estimulando e destacando a região pela capacidade de produção de petróleo (Caddah 1998, Menezes 2003, Menezes 2004, Freitas *et al.* 2005, Santos 2007, Oliveira 2011, Noronha 2011). Em uma tabela sinótica (APÊNDICE A), foram encontrados 34 trabalhos utilizando as palavras chaves de talude continental, Brasil, micropaleontologia e palinologia, destes 20 estão no Sudeste do Brasil e todos na Bacia de Campos (Fig.11).

No entanto, observa-se uma lacuna nas pesquisas na região nordeste, onde apenas sete estudos abordam a micropaleontologia no talude continental. Dentre esses, merecem destaque os trabalhos de Araújo (2008), Piana (2017) e Noucoucouk (2020).

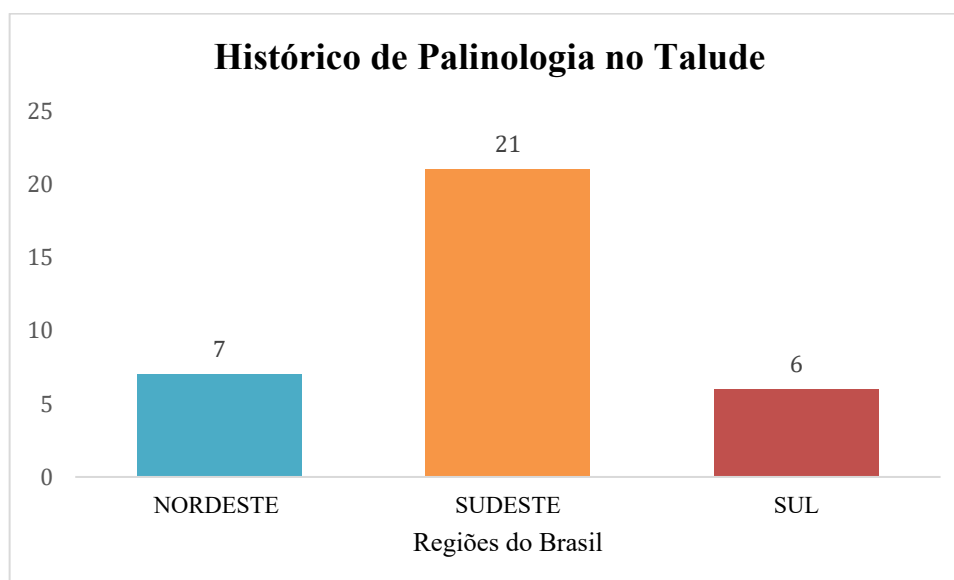


Figura 11- Histórico de trabalhos de palinologia no talude continental brasileiro. Fonte: Autora.

Noucoucouk (2020), ao estudar marcadores sedimentológicos, geoquímicos e micropaleontológicos no talude continental do Ceará, identificou que a região era composta por sedimentos bioclásticos e bio-siliciclásticos depositados na região durante um regime

hidrodinâmico menos intenso e que a associação de foraminíferos é bastante abundante, e com estudos de razão planctônicos/bentônicos foi possível realizar a caracterização da variação relativa do nível do mar acima do limite Pleistoceno-Holoceno, e a partir desse estudo foi possível concluir a excelência das razões Ti/Ca e Fe/Ca como parâmetros de avaliação de tendências e interferências de condições paleoceanográficas e paleoclimáticas na região contribuindo significativamente para o conhecimento do talude continental inferior da sub-bacia Icarai (Bacia Ceará) que são estudos escassos na região.

Nesta pesquisa bibliográfica, com o uso das seguintes palavras chaves talude continental, palinomorfo, palinologia, paleontologia e Brasil. Não foram identificados estudos sobre palinologia ou paleontologia no talude continental da região norte. As principais plataformas de pesquisa utilizadas foram periódicos nacionais e internacionais como Portal de Periódicos Capes, Web of Science, SciELO (Scientific Electronic Library Online) assim como base de dados de universidades federais e estaduais.

### 3.7.2 Palinologia na Região Norte

Para uma caracterização ainda que sucinta dos estudos palinológicos na zona litorânea próximos ao Pará e Maranhão, servindo como uma base de possíveis palinomorfos que espera-se encontrar no talude continental. Logo, os palinomorfos de ambiente terrestre encontrados no talude continental, como os grãos de pólen de angiospermas e gimnospermas e outros esporos deverão refletir os espécimes encontradas no litoral próximo a área de estudo.

A costa norte amazônica, estende-se desde a Venezuela até o Maranhão no Brasil, e portando compreende a região do Pará-Maranhão. Segundo Rodrigues & Senna (2005), o principal ecossistema dessa região é o mangue, que forma um cinturão contínuo do Maranhão até o Amapá na fronteira com a Guiana Francesa. De acordo com Rodrigues & Senna (2005) em toda a costa norte amazônica as variações na composição da palinoflora costeira holocênica ocorreram devido às variações climáticas e do nível relativo do mar, marcadas pela diferença nas taxas de sedimentação/erosão e ocupações pré-históricas.

Em relação a estudos palinológicos holocênicos na ilha do Marajó, no artigo de Rodrigues & Senna (2011), com amostras do limite campo-mangue da Fazenda Bom Jesus, enfatiza-se que a presença de pólen de *Rhizophora*, foi indicada uma correlação com registros polínicos holocênicos de transgressão marinha para a costa norte amazônica durante o Holoceno Superior.

A planície costeira de Calçoene, no estado do Amapá, durante os últimos 2100 anos, apresenta três períodos de maior influência marinha, sendo o mais recente de 80 anos AP até o recente, indicando migração de manguezais e floresta de várzea para os campos inundados (Guimarães 2008). Nas pesquisa de Guimarães (2008), foram coletadas amostras em três ambientes e realizou-se o perfil de paleovegetal, do quais foram marcados por pólen da família Poaceae e Euphorbiaceae, que comumente apresentam predomínio em campos inundáveis.

Estudos como de Sousa *et al.* (2023), auxiliaram a compreender um pouco mais sobre a bioestratigrafia da Bacia da Foz do Amazonas. Sousa *et al.* (2023) através de estudos sobre microfósseis de foraminíferos em porções da Formação Amapá na Bacia da Foz do Amazonas, foi constatado que mudanças ambientais e ecológicas associadas às flutuações do nível do mar foi a causa da extinção de alguns foraminíferos maiores na bacia e que os foraminíferos planctônicos lepidociclinídeos são os mais abundantes na formação, com a ocorrência de *Lepidocyclina rdouvillei* no registrada no final do Eoceno médio.

## 4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 4.1 ÁREA DE ESTUDO

#### 4.1.1 Localização da área de estudo

As amostras analisadas localizam-se no talude continental superior do Amazonas, também denominado de talude continental Amazônico-Maranhão, situado dentro da área da Bacia sedimentar da Foz do Amazonas, próximos a região costeira do estado do Pará, o testemunho T66 encontra-se há 273 km de distância do município de Salinópolis, enquanto o testemunho T144 está a 361 km do mesmo município (Fig.12) nas coordenadas T66 (N01 47.1311 e W046 52.6807) T144 (N02 37.3456 e W047 22.1391).

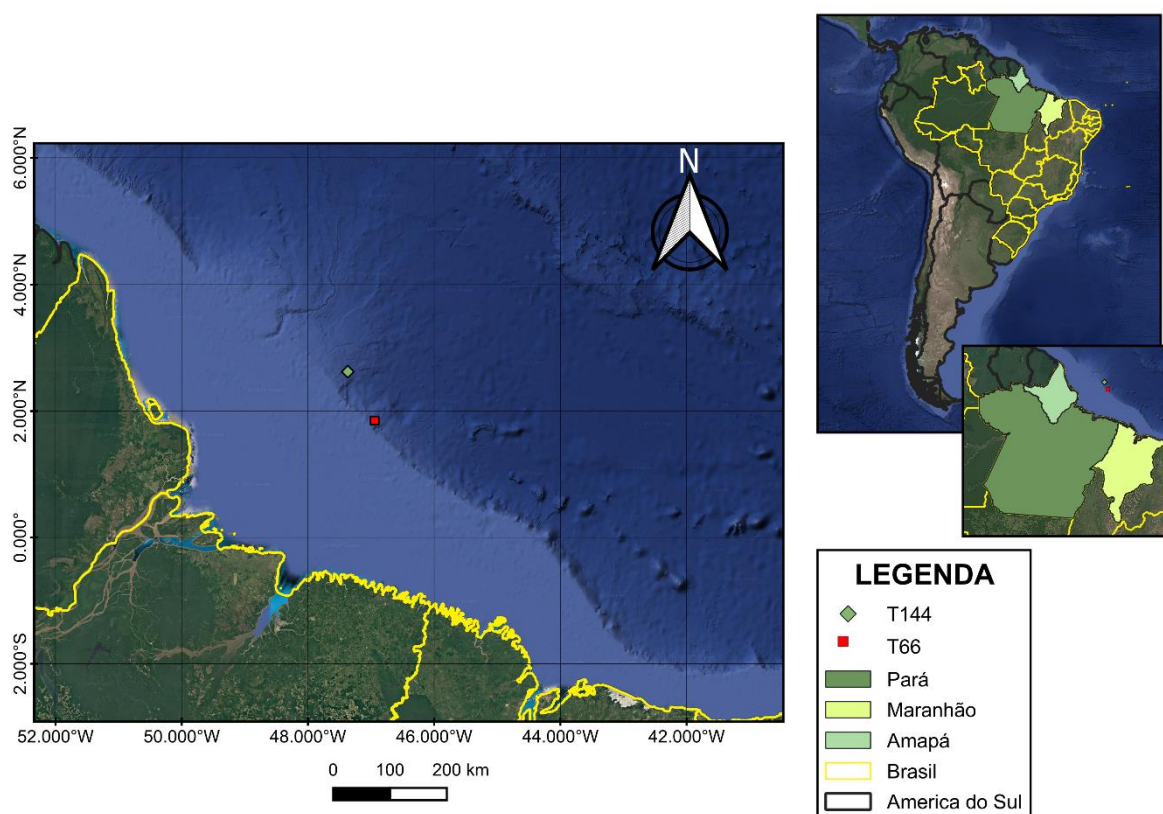


Figura 12- Mapa da localização das amostras do talude continental superior do Amazonas.  
Fonte: Autora.

A Bacia da Foz do Amazonas (BFA) está situada no extremo noroeste da plataforma equatorial brasileira, é limitada a noroeste pelo platô de Demerara e faz limite geográfico com a Bacia do Pará-Maranhão a leste (Fig.13), no total abrange uma área de 283.000 km<sup>2</sup>, que inclui a plataforma continental, talude e região de águas profundas e ultraprofundas (Travassos & Freitas 2021) e do qual as duas amostras de testemunho estão inclusas. Porém,

por serem amostras superficiais do talude e portanto do período recente não se enquadram dentro do período geológico estabelecido para as bacias sedimentares.

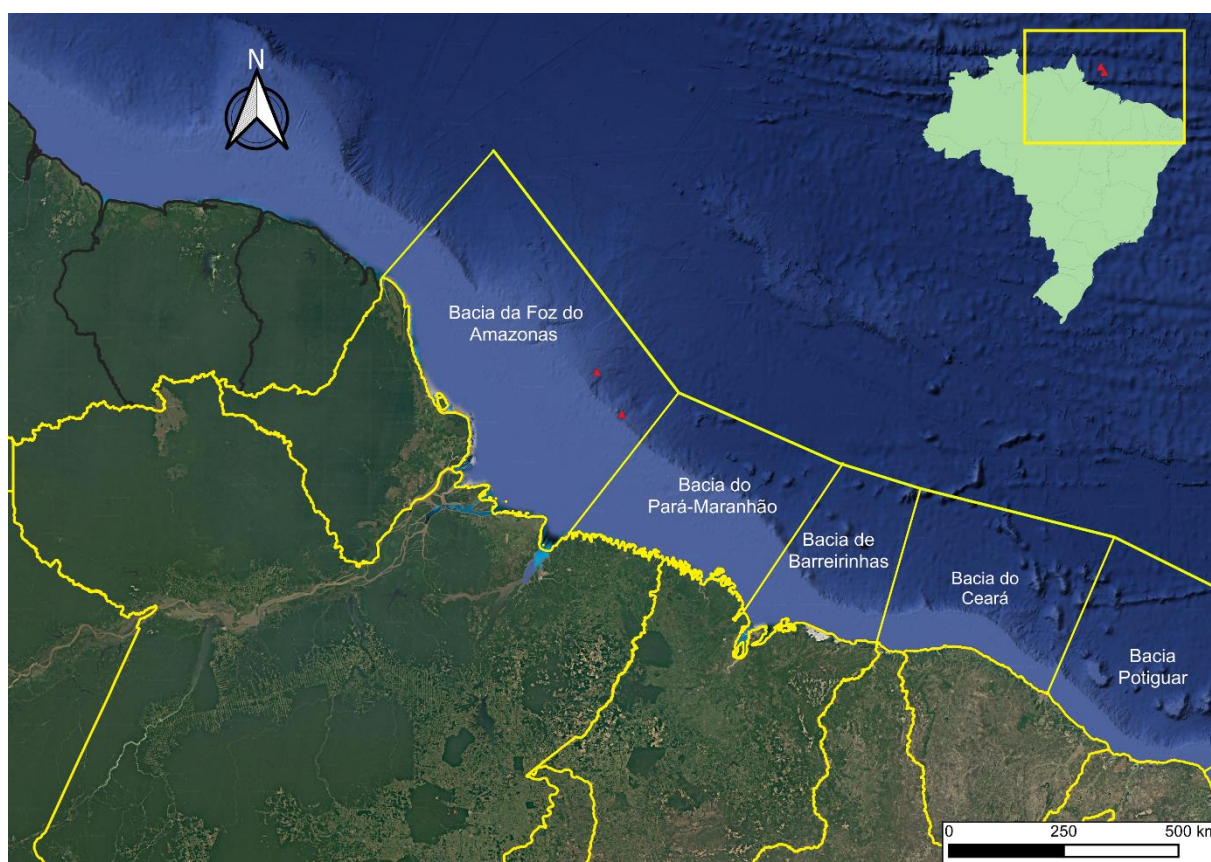


Figura 13- Mapa da localização das Bacias da Margem Equatorial norte do Brasil, as amostras dos testemunhos T66 e T144 plotados no mapa dentro da bacia da Foz do Amazonas. Fonte: Autora.

#### 4.2 ASPECTOS ESTRATIGRAFICOS

De acordo com o diagrama estratigráfico proposto por Figueiredo *et al.* (2007) (Fig.14), a estrutura estratigráfica da Bacia da Foz do Amazonas pode ser segmentada em três superseqüências principais: Pré-Rifte, Rifte (I, II e III) e Drifte. Segundo Gorini *et al.* (2014), a margem da Bacia da Foz do Amazonas teve mudança de sedimentação predominantemente carbonática para siliciclástica no início do Mioceno tardio. A Superseqüência Pré-Rifte é representada pela Formação Calçoene, caracterizada pelos sedimentos clásticos depositados no Juro-Triássico, do quais os sedimentos estão intercalados por rochas vulcânicas básicas (235-194 Ma) (Figueiredo *et al.* 2007).

A Superseqüência Rifte, datada do Cretáceo Inferior, é subdividida em três fases: Rifte I, II e III. A fase Rifte I corresponde aos sedimentos continentais depositados em ambientes deltaico,

lacustre e flúvio-aluvionar, associados à Formação Cassiporé. As fases Rifte II e III possuem caráter essencialmente marinho, sendo a primeira representada pelos sedimentos de ambiente evaporítico anóxico da Formação Codó, enquanto a segunda compreende os sedimentos de ambiente plataformar da Formação Cassiporé (Travassos & Freitas 2021).

A última fase a supersequência Drifte se inicia no Cenomaniano, sendo caracterizada pelo início da sedimentação marinha franca com a deposição de uma coluna sedimentar siliciclástica da Formação Limoeiro, que se propagou por todo o Neocretáceo e foi interrompida no Paleoceno (Selandiano) com a instalação de uma plataforma carbonático-siliciclástica, representada pelas formações Marajó, Amapá e Travosas (Travassos & Freitas 2021, Figueiredo *et al.* 2007).

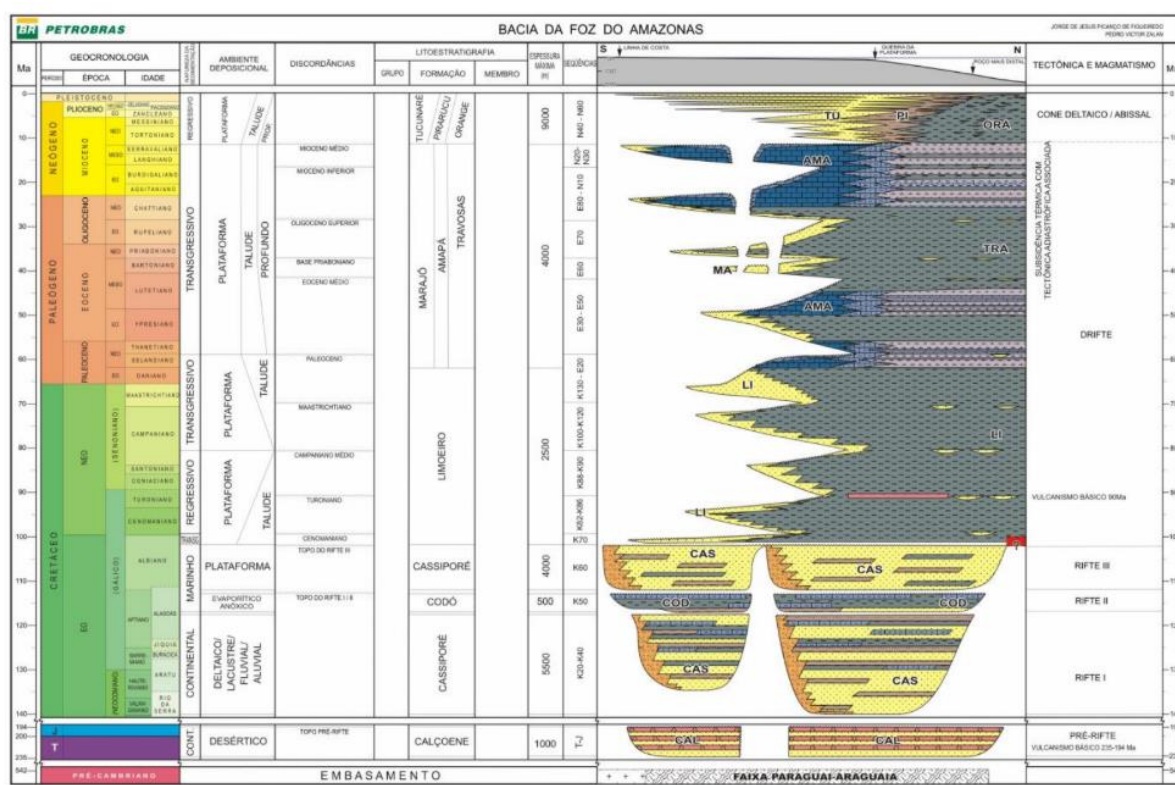


Figura 14- Diagrama estratigráfico da Bacia da Foz do Amazonas. Fonte: Figueiredo *et al.* (2007).

Segundo Gorini *et al.* (2014) a margem da Bacia da Foz do Amazonas teve mudança de sedimentação predominantemente carbonática para siliciclástica no início do Mioceno tardio. Sendo importante ressaltar que durante Mioceno Superior (Tortoniano) os sedimentos

terrígenos trazidos pelo Rio Amazonas e responsáveis pela formação do Cone do Amazonas, estão representados pelas formações Tucunaré, Pirarucu e Orange (Travassos & Freitas 2021).

Durante o mioceno tardio, a plataforma continental do Amazonas era incisada por um cânion que permitia o fluxo direto de sedimentos para a bacia abissal, confirmando assim que o leque paleo-amazônico já havia se iniciado naquela época (9,5–8,3 Ma), transportando sedimentos para o talude. Acima desse intervalo, durante um nível baixo prolongado, sequências messinianas de terceira ordem são preservadas apenas nos preenchimentos de vale incisos do cânion, sem estratos equivalentes na plataforma continental (Fig.15).

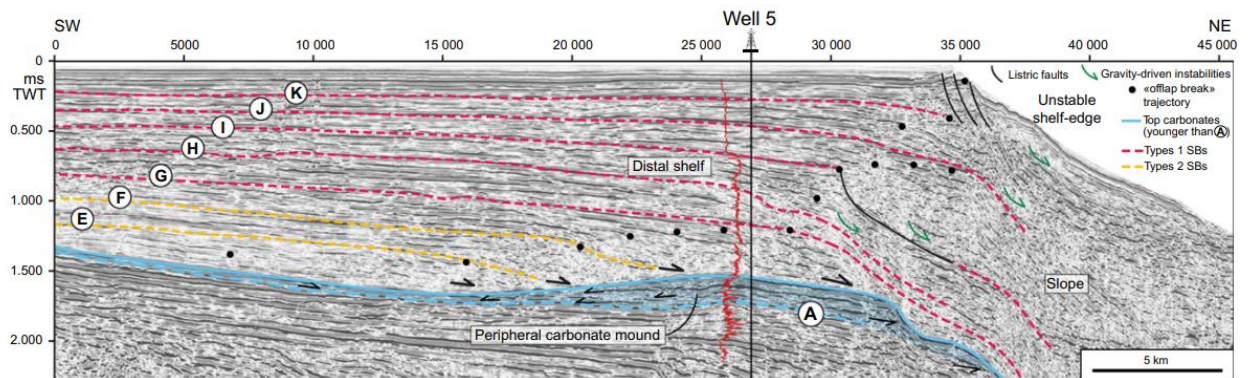


Figura 15- Estratigrafia da Margem continental Amazonas. Fonte: Gorini *et al.* (2014).

Gorini *et al.* (2014) afirmam que o desperdício em massa e o transporte de sedimentos de encostas para a bacia começaram a desempenhar um papel importante na dispersão de sedimentos no período Plioceno, logo após a rápida progradação produziu encostas mais íngremes e mais propensas a falhas. A região do talude continental do Amazonas, situa-se entre os Canions do Pará e os montes do Maranhão, próximo aos cone do Amazonas (Fig.16) e a Bacia da Foz do Amazonas é diretamente influenciada pela Zona de Fratura de São Paulo, caracterizando-se como uma bacia do tipo “pull-apart” (Travassos & Freitas 2021).

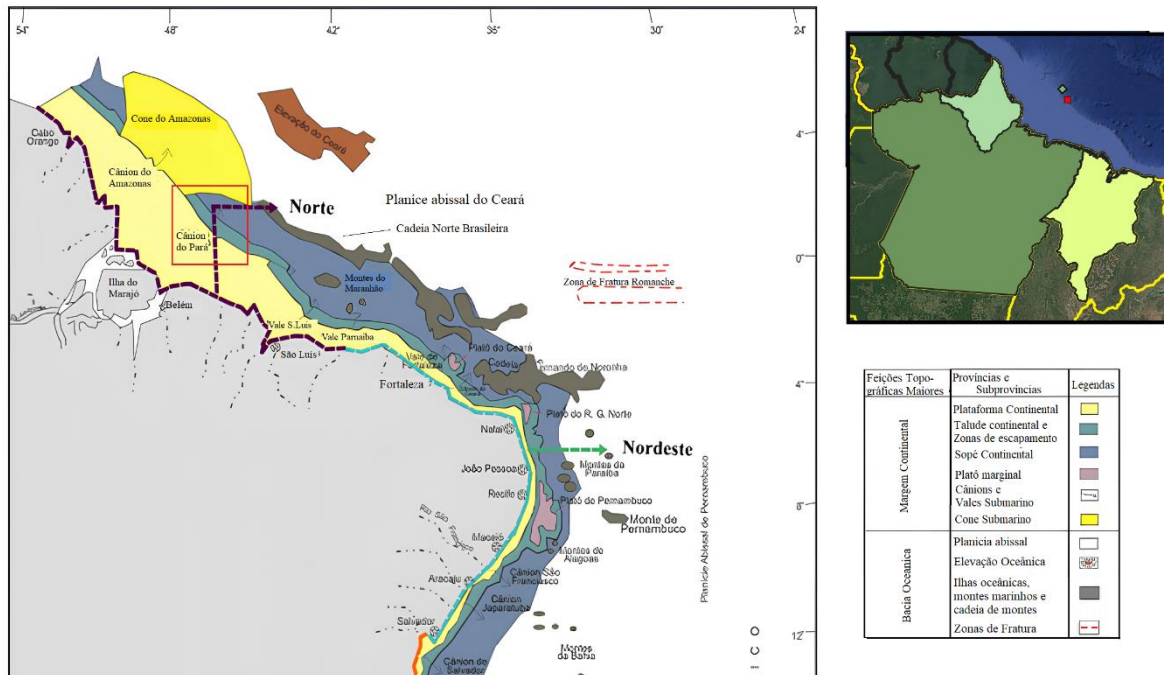


Figura 16- Províncias Morfológicas da Margem Continental Brasileira. Fonte: adaptado pela Autora de Coutinho (2005).

### 4.3 ASPECTOS CLIMÁTICOS

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) ocorre nas proximidades da Linha do Equador e é um sistema sinótico caracterizado por intensas interações entre a atmosfera e o oceano. Sua influência, associada a sistemas convectivos locais, provoca variações nas estações climáticas, na direção dos ventos e na temperatura das regiões Norte e Nordeste do Brasil.

O Oceano Atlântico apresenta uma ampla variedade de variações espaciais e temporais, com mudanças significativas observadas em escalas decadais e multidecadais, nas quais a interação entre oceano e atmosfera está fortemente relacionada à Oscilação Multidecadal do Atlântico (Maia *et al.* 2023). Essas variações climáticas de larga escala influenciam diretamente a dinâmica hidrodinâmica no talude continental, afetando padrões de circulação oceânica, correntes de contorno e a propagação de massas de água. As ondas gravitacionais de superfície, geradas pelos ventos sobre as bacias oceânicas, também desempenham um papel importante no transporte de sedimentos e na modelagem morfológica do talude (Maia *et al.* 2023).

Índices climáticos como o Índice do Atlântico Sul Tropical, o Índice do Atlântico Norte Tropical e a Oscilação Multidecadal do Atlântico são ferramentas fundamentais para

compreender essas variações de grande escala e seus impactos sobre o ambiente físico do talude continental (Maia *et al.* 2023).

#### 4.4 ASPECTOS HIDROLÓGICOS: RIO AMAZONAS

O Rio Amazonas tem sua nascente nas altas regiões andinas, entre Peru, Equador e Colômbia, especificamente na região de Arequipa, no Peru. Sua foz localiza-se entre os estados do Amapá e Pará, no Brasil, onde desempenha um papel fundamental como via de transporte e fonte de sustento para diversas cidades e comunidades ribeirinhas ao longo de seu curso. Segundo Mota (2020), o rio também é responsável por processos erosivos, como o fenômeno das terras caídas, associado à atividade neotectônica, além de contribuir para a formação de ilhas em seu leito. A vazão ao desaguar no Oceano Atlântico atinge aproximadamente 17.500 m<sup>3</sup>/s. A interação entre os diferentes materiais geológicos, a vazão e os variados ambientes do rio influencia diretamente nas características físico-químicas das águas (Mota 2020).

A Bacia hidrográfica do Rio Amazonas, a mais extensa e influente do planeta, abrange aproximadamente 6,3 milhões de km<sup>2</sup>, o que equivale a cerca de 5% das terras emersas do mundo. Essa bacia despeja no Oceano Atlântico um volume de água que representa 17% da descarga global de água doce e abriga a maior parte da floresta amazônica. Aproximadamente metade da floresta tropical remanescente do planeta está situada em sua extensão (Heerspink *et al.* 2020, Dias 2023).

As transformações climáticas e mudanças no uso e ocupação do solo afetar a demanda de água do planeta e o padrão dos parâmetros hidrológicos, do qual refletem em alterações no ciclo hidrológico e na dinâmica socioambiental, principalmente para as comunidades ribeirinhas na Amazônia sentem essas mudanças na disponibilidade hídrica da região (Dias 2023). Segundo Limberger (2016) e Marengo (2008) as vazões da Amazônia possuem altas correlações com as anomalias de TSM (Temperatura da Superfície do Mar), o que sugere associação com o ENOS (El Niño Oscilação Sul). Sendo importante ressaltar que a vazão é o parâmetro que mensura o volume de água em determinado intervalo de tempo de uma bacia hidrográfica (Dias 2023).

As vazões médias anuais estão aumentando na Bacia Amazônica, em estudos de Hachem (2016), detectado através da aplicação dos testes de Mann-Kendall e Sen's Slope no período de 15 anos (2000-2014) as vazões médias apresentaram valores de ZMK positivos (Fig. 17)

que significa que houve uma tendência de crescimento da vazão do Rio Amazonas (Dias 2023). Essa tendência positiva foi observada principalmente nas estações localizadas a margem direita do Rio Amazonas (região Sul da Amazônia), área em que as mudanças de uso e ocupação do solo é mais acentuado do que nas estações dos afluentes da margem esquerda (Dias 2023).

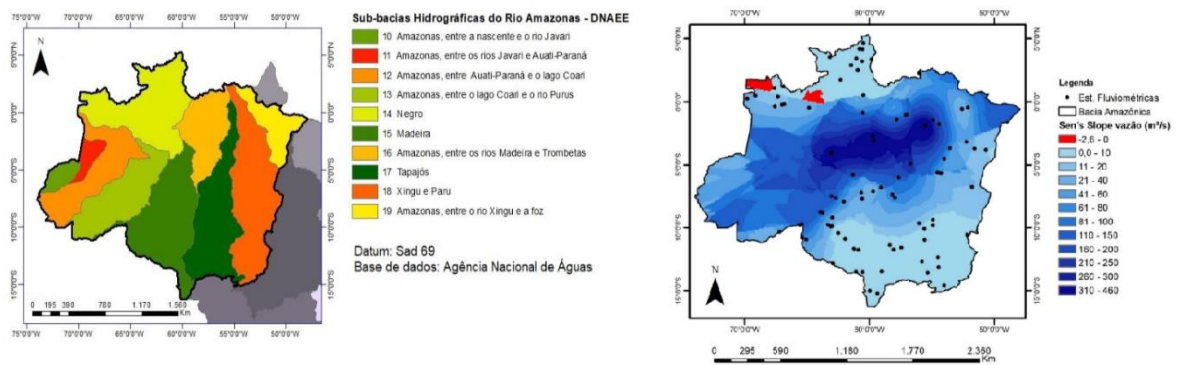


Figura 17- Mapa de limites da Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas e suas sub-bacias (porção brasileira). E mapa de magnitude anual da vazão média pelo teste de Sen's Slope no período de 2000-2014 nas bacias do Rio Amazonas. Fonte: Dias (2023).

#### 4.5 ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS

Os processos oceanográficos no talude continental do Amazonas apresentam variações espaço-temporais significativas, Essa variabilidade é fortemente influenciada pela sazonalidade da descarga fluvial dos sistemas hídricos, neste caso o Rio Amazonas, que deságuam na plataforma continental rasa, a qual é controlada pelas forçantes físicas atuantes na região (Silva 2023). Dentre os parâmetros analisados, a salinidade se destaca como o mais sensível às alterações no balanço entre água doce e salgada, apresentando as maiores variações entre os períodos sazonais, sendo está um dos indicadores para identificar a presença da pluma estuarina (Silva 2023).

#### 4.5.1 Marés

As marés na região da Amazônia Costeira e Sistema Estuarino são predominantemente forçadas pelas marés oceânicas profundas (Geyer *et al.* 1996). Os componentes semidiurnos das marés, como M2, S2 e N2, são os dominantes no Oceano Atlântico Equatorial (Nittrouer & DeMaster 1996), com fortes modulações quinzenais entre marés de sizígia e marés mortas. A resposta da costa amazônica às forças semidiurnas oceânicas é complexa devido à batimetria da foz do Rio Amazonas e da plataforma continental. A onda de maré M2 propaga-se perpendicularmente à costa, influenciando tanto a foz do Rio Amazonas quanto a região entre 1°N e 4°N (Geyer *et al.* 1996).

Estudos de Beardsley *et al.* (1995) indicam que a onda M2 é responsável por cerca de 70% da variabilidade das marés, gerando correntes de até 2 m/s durante as marés vivas e elevações superiores a 1,5 m próximo à costa. Na foz do Rio Amazonas, a maré M2 se propaga como uma onda progressiva amortecida, com sua amplitude diminuindo e a fase aumentando à medida que avança rio acima. Ao norte do Cabo Norte, a onda se aproxima de um padrão estacionário amortecido, atingindo amplitudes superiores a 1,5 m devido à ressonância dentro da enseada costeira formada entre Cabo Norte e Cabo Cassiporé. As correntes de maré M2 observadas são quase retilíneas, orientando-se conforme as isóbatas locais.

#### 4.5.2. Corrente Norte do Brasil

As principais correntes oceânicas que atuam na região Norte e Nordeste do Brasil incluem a Subcorrente Norte do Brasil/Corrente Norte do Brasil (NBUC/NBC), e ocorrem sob influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (Oliveira *et al.* 2023).

A Corrente Norte do Brasil (CNB) é uma corrente oceânica de alta intensidade que flui do Oceano Atlântico Tropical em direção ao Atlântico Norte (Fig.18), desempenhando um papel crucial no transporte de calor e sal para alimentar a Corrente do Golfo no Golfo do México (Jovane, 2024). A corrente flui para noroeste, separando-se entre 6° e 8°N, a leste da Elevação de Demerara, onde sazonalmente parte de seu fluxo é refletido para alimentar a Contracorrente Equatorial Norte (NECC), fechando o giro equatorial impulsionado pelo vento (Olivier *et al.* 2024).

A CNB transporta águas quentes, gerando um gradiente de temperatura superficial do mar. Sua velocidade pode atingir 100 cm/s, com largura entre 100 e 200 km e profundidade de até

500 m (Giordani *et al.* 2024). A CNB gera grandes redemoinhos anticiclônicos, conhecidos como anéis da Corrente Norte do Brasil, que podem atingir um raio médio de 200 km e diâmetro superior a 450 km. Esses anéis interagem com as águas doces da pluma do Rio Amazonas, especialmente na região da Elevação de Demerara, influenciando a dinâmica oceânica regional (Olivier *et al.* 2024).

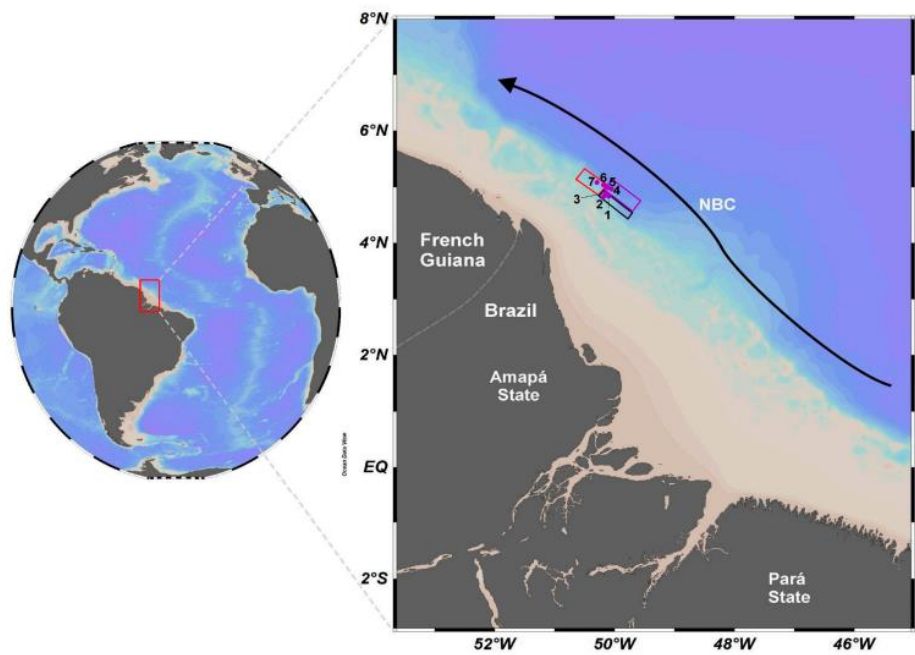


Figura 18- Sentido da corrente Norte do Brasil na área de estudo. Fonte: Jovane *et al.* (2024).

## 5 METODOLOGIA

A metodologia consistiu em cinco etapas principais: (1) aquisição dos testemunhos (2) revisão bibliográfica; (3) amostragem laboratorial; (4) amostragem textural; (5) amostragem paleontológica.

### 5.1 AQUISIÇÃO DE DADOS BIBLIOGRÁFICOS

Essa pesquisa iniciou-se com uma revisão bibliográfica acerca de conceitos e contextualização sobre o talude continental e palinologia. O apanhado bibliográfico acerca do talude continental, inclui uma ampla pesquisa sobre os grandes projetos desenvolvidos ao longo das décadas na região e em áreas adjacentes e características sedimentares da área de estudo. Para um melhor desempenho acadêmico, pesquisou-se artigos e projetos relacionados a estudos paleoambientais e palinológicos no talude continental brasileiro. As palavras chaves usadas na pesquisa foram: talude continental, palinomorfo, palinologia, paleontologia e Brasil. As principais plataformas de pesquisa utilizadas foram periódicos nacionais e internacionais como Portal de Periódicos Capes, Web of Science, SciELO (Scientific Electronic Library Online) assim como base de dados de universidades federais e estaduais.

### 5.2 AQUISIÇÃO DOS TESTEMUNHOS

O processo de amostragem dos testemunhos realizada no Talude Continental Superior do Amazonas, as amostras foram coletadas a bordo do navio Geoexplorer (Fig.19) na campanha realizada entre março e abril de 2014. Os testemunhos foram obtidos com o uso de testemunhadores do tipo *piston corer* (Fig.20), que devido ao mecanismo de coleta evita perturbação no sedimento (Jovene, 2021), ilustrado na Fig.21, e portanto quando comparado com o testemunhador por gravidade consegue que o sedimento macio seja capturado sem compressão ou perturbação, obtendo amostras mais preservadas e sem compactação. O testemunhador de pistão (*piston corer*), é utilizado para extrair amostras de sedimentos lamosos, formado por um tubo longo com um peso de chumbo, acionando um mecanismo quando um retentor atinge o fundo isso permite a recuperação de amostras com até 27 m de comprimento (Jovene 2021).

Esses testemunhos foram obtidos de forma sub-superficial, que coleta os sedimentos desde a superfície do fundo oceânico até dezenas de metros. As amostras utilizadas neste trabalho foram cedidas pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Os

testemunhos analisados foram identificados como T66 e T144, com mais de 2.500 m de profundidade. O testemunho T66, com 2,05 m de comprimento, foi subdividido em Seções A e B, enquanto o testemunho T144, com 4,55 m de comprimento, foi dividido em quatro seções: A, B, C e D.



Figura 19- Navio estadunidense Geoexplorer, responsável pelas amostragem de testemunhos deste projeto. Fonte: Acervo GEMC (2017).

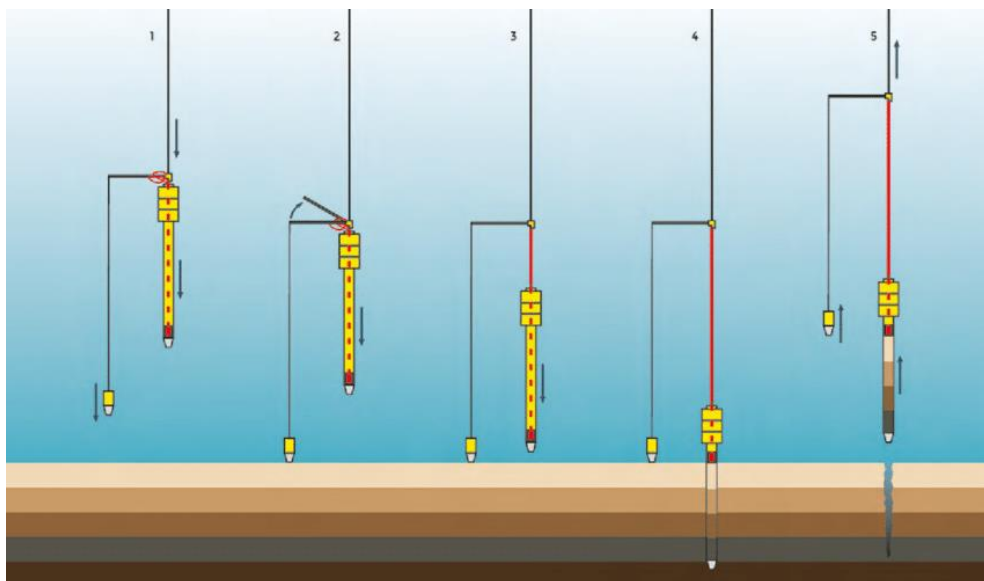


Figura 20- Sistema de funcionamento do testemunhador do tipo piston corer, ilustração de Leandro Coelho. Fonte: Jovene (2021).

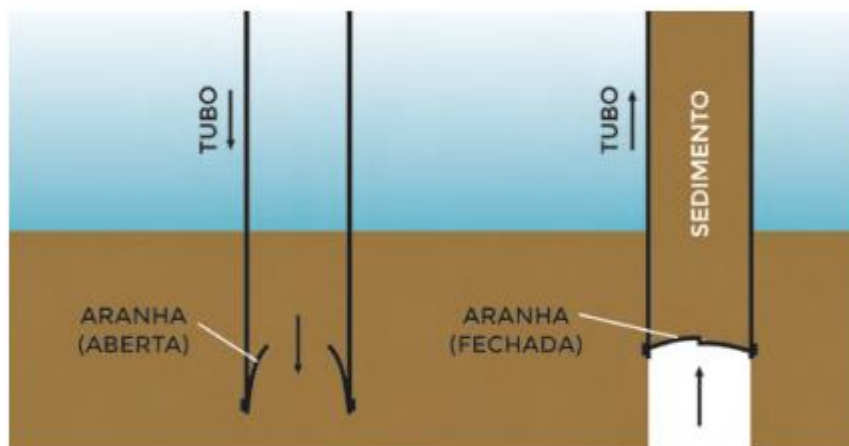


Figura 21- Esquema ilustrando o funcionamento da válvula de retenção do tipo “aranha”. Ilustração: Leandro Coelho. Fonte: Jovene (2021).

### 5.3 AMOSTRAGEM LABORATORIAL

#### 5.3.1 Subamostragem dos testemunhos

No Laboratório de Geologia Oceânica (LAGEOC) de Análises Químicas e Sedimentológicas do Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros (GEMC) na UFPA, os testemunhos foram identificados e abertos usando uma serra de corte elétrica, apoiados em uma calha de PVC, de modo a seccionar paralelamente dois lados e permitir a abertura completa. Esse procedimento resulta em duas seções longitudinais. Uma dessas seções foi destinada à descrição, fotografia e coleta de amostras, enquanto a outra foi preservada para arquivo.

As frações utilizadas nas análises foram coletadas ao longo dos testemunhos (Fig.22). Inicialmente, foram retiradas a cada 10 cm, mas, se em alguns casos, não foi possível coletar amostras com essa delimitação, pode-se coletar uma menor quantidade de amostras.

Os testemunhos foram fotografados em sua totalidade, com objetivo de proporcionar uma visão geral da seção vertical, aproveitando toda a área da fotografia. As fotos foram tiradas logo após a abertura dos testemunhos.



Figura 22- Abertura do testemunho T66. (A) Marcação da abertura no testemunho, com o uso de pilote e uma calha. (B) Separação do testemunho em duas partes longitudinais e fracionamento a cada 10 cm. (C) Amostra em detalhe com carapaças calcárias. Fonte: Autora.

### 5.3.2 Descrição Macroscópica dos Testemunhos

A descrição macroscópica dos testemunhos foi o primeiro passo para analisar as sequências sedimentares, suas estruturas e textura sedimentar. Foram anotadas informações básicas como cor, tipo de sedimentos, granulometria e estruturas sedimentares físicas e biogênicas. Sendo importante destacar que: 1) A observação é descrita a cor dos sedimentos utilizando o “Rock Color Chart” (2009), pois é sabido que mudanças de cor ocorrem rapidamente devido à oxidação; 2) em seguida, foi realizado o procedimento de observação das mudanças granulométricas, utilizando uma tabela comparativa de grãos, estruturas primárias e biogênicas, além da análise da composição e conteúdo de MO; e 3) essas descrições são complementadas com análises granulométricas.

### 5.3.3 Análises Granulométricas

Para uma melhor caracterização das amostras do talude continental superior coletadas em sub-superfície, as mesmas, foram tratadas no Laboratório de Geologia Marinha (LAGEOC) do Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros (GEMC), visando separar em frações granulométricas seguindo as determinações de Suguio (1973). Os valores obtidos após a aplicação da metodologia de peneiramento úmido foram classificados segundo Wentworth (1922) e processadas de acordo com os métodos de Folk & Ward (1957) utilizando o software Sysgran 3.0 e o Microsoft Office Excel para obter o diâmetro médio (Mz), mediana (Md), grau

de selecionamento ou desvio padrão ( $\sigma$ ), assimetria (Ski) e curtose (Kg). Por fim foi feita a classificação textural de Shepard (1954) e de Pejrup (Dias 2005).

### 5.3.3.1 Separação da fração silte/argila

As coletas de sedimentos dos testemunhos apresentam bastante conteúdo lamoso. Por isso, escolheu utilizar-se a metodologia de peneiramento a úmido proposto por Suguio (1973). Aqui está uma descrição passo a passo do processo de peneiramento a úmido (Fig.23):

- 1) As amostras foram levadas a um becker identificado com as informações necessárias da amostra testemunho.
- 2) Depois o material passou pelo processo de secagem na estufa com temperatura de 50°C.
- 3) Quando seco, o material foi desagregado e levado para a balança de precisão, retirando a pesagem de 30g; peneiramento úmido das amostras de 30g com 200 ml de água destilada em um becker (1000 ml) e uma peneira de abertura de malha de 0,063 mm.
- 4) O material retido na peneira, que possui mais de 0,063 mm, é a fração de areia e foi levado para a secagem na estufa a uma temperatura de 75°C.
- 5) A fração do material que passou pela peneira de 0,063 mm no peneiramento úmido, são as classes de silte e argila e foram novamente submetidos a secagem na estufa.



Figura 23- Materiais e procedimentos durante as amostragens do testemunho. (A) Centrifuga do LAGEOC. (B) A centrifuga por dentro com amostras em tubo de análise. (C) Amostras na estufa após o peneiramento úmido. (D) Amostras de silte secas após a centrifugação. (E) Vidrarias utilizadas para armazenar amostras silte após a etapa de centrifugação. Fonte: Autora.

Neste processo, iniciou-se a análise com 30g de amostra para a realização do peneiramento úmido e separação granulométrica das amostras. Na primeira etapa obtém-se os valores de areia ( $P_A$ ), que foram pesados e reservados. Para segunda etapa tem-se a amostra menos o valor da areia, demonstrado através da equação (1).

$$\text{Amostra} = 30\text{g} - P_A \text{ Eq.(1)}$$

As amostras restantes, apenas 10g de amostra de cada amostra foi submetido ao método de centrifugação com o protocolo de uma velocidade de 1000 RPM durante 2 min para a separação do material siltoso, O material decantado (argila) é levado novamente à centrifuga com 2.000 rpm durante 10 min para precipitar a argila. Logo em seguida, o material úmido é levado a estufa a uma temperatura de 50°C para secagem do material. Por fim, o material seco é embalado, pesado e etiquetado. Assim obtive os valores do peso de silte ( $P_S$ ) e o peso de argila ( $P_R$ ) para análises posteriores em laboratório.



Figura 24- Etapas de laboratório. (A) Amostra sendo pesada na balança analítica; (B) Tubos de ensaio pesados a pares em balança de equilíbrio; (C) Amostra de silte secando na estufa; (D) Pesagem da amostra seca. Fonte: Autora.

Alguns detalhes que devem ser cuidadosamente observados nesse processo é a pesagem exata dos tubos das amostras levadas para a centrifuga, pois o mesmo é um equipamento muito sensível, sendo necessário realizar a pesagem e uniformidade entre os tubos com as amostras (Fig.15B). E no final, antes das amostras serem levadas aos programas de tratamento estatísticos dos dados para que os valores de silte ( $P_S$ ) e argila ( $P_R$ ) fiquem proporcionais à amostra total de 30 g, é necessário realizar a normalização dos dados, já que o processo de centrifugação foi

feito com apenas 10 g da amostra, considerando também o peso da Areia ( $P_A$ ). A equação para corrigir os valores é:

$$PS_{\text{corrigido}} = P_s \times \frac{30}{10} = P_s \times 3 \text{ Eq. (2)}$$

$$PR_{\text{corrigido}} = P_r \times \frac{30}{10} = P_r \times 3 \text{ Eq.(3)}$$

Ou seja, multiplica-se os pesos obtidos de silte e argila por 3 para que os valores sejam equivalentes à fração de areia, que foi retirada dos 30 g totais.

Assim, a equação geral de balanço de massa ajustada ficou:

$$P_A + PS_{\text{corrigido}} + PR_{\text{corrigido}} = 30 \text{ g Eq.(4)}$$

#### 5.3.4 Quantificação de Matéria Orgânica

Para quantificação de MO, as amostras brutas coletadas dos testemunhos foram submetidas a um processo de secagem em estufa de 50°C a 110°C por pelo menos 24h, visando eliminar toda água presente nas amostras de sedimento para posteriormente serem desagregadas em um almofariz de porcelana até atingirem granulometria fina. A determinação das concentrações de matéria orgânica (MO) nas amostras foi realizada por meio do método gravimétrico, no qual a determinação da MO ocorre através da perda em altas temperaturas, escolhendo a adaptar a metodologia de calcinação de Kralik (1999), pois em estudos de comparação de metodologias foi constatado que para amostras de solo temperaturas mais elevadas introduzem menos erros no resultado final (Dias & Lima 2004).

No método de Kralik (1999) adaptado, foi utilizado especificamente 1,0 g de cada amostra de sedimento previamente tratados e secos, colocado em um cadinho de porcelana previamente seco e pesado, obtendo assim os valores do peso 1 (P1). Os cadinhos contendo as amostras foram então levados a uma mufla por 600°C durante 2 horas para a queima de toda a MO. Após o resfriamento, os cadinhos com as amostras foram novamente pesados, obtendo os valores do Peso 2 (P2) e a diferença de peso obtida foi considerada a quantidade de MO calcinada, sendo dado o teor de MO, através da equação (5).

$$MO\% = [(P_1 + P_0) - P_2] \times 100 \text{ Eq.(5)}$$

Onde:

$P_0$  = Peso do cadinho

$P_1$  = Peso da amostra

$P_2$  = Peso da amostra após a queima

É importante ressaltar que esta adaptação na metodologia de calcinação de Kralik (1999), teve como base de referências os estudos de Kampf & Schneider (1989) no qual as amostras com 2,0 g de sedimento são submetidas a queima na mufla por 6h a 600°C para obter os resultados de MO nos sedimentos.



Figura 25- Etapa de queima e amostras secas. (A) Amostra sendo pesada na balança analítica; (B) Amostra na mufla prontas para a queima de MO e/ou  $\text{CaCO}_3$ . Fonte: Autora.

### 5.3.5 Carbonato de Cálcio

As amostras de sedimentos foram inicialmente tratadas igual a da calcinação de MO. A determinação das concentrações de Carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) nas amostras foi realizada a adaptação da metodologia de Dean (1974), seguindo as normas de análises padrões do Laboratório de Geologia Marinha (LAGEOC). Para quantificar o  $\text{CaCO}_3$ , usando a metodologia de determinação pelo teor de cinzas as amostras foram submetidas à mufla a uma temperatura de 800°C/3 horas. Em seguida, as amostras foram pesadas novamente, e a diferença de peso em

relação à pesagem inicial representa a quantidade de  $\text{CaCO}_3$  presente na amostra, o determinado teor é determinado seguindo a equação (6).

$$\% \text{CaCO}_3 = (P_1 - P_2) \times 100 \text{ Eq. (6)}$$

Onde:

$P_1$  = Peso da amostra mais o peso do cadinho

$P_2$  = Peso da amostra após a queima

Nesta etapa, para fins meramente estatísticos, foi feita a testagem da amostra sendo queimada na mufla de  $800^\circ\text{C}/3$  horas sem qualquer queima anterior e a testagem da amostra sendo queimada a  $800^\circ\text{C}/2$  horas após o teor de determinação de  $\text{CaCO}_3$ .

#### 5.4 ANÁLISE TEXTURAL

Foram analisadas cerca de 20 amostras no testemunho T66 e 60 amostras no testemunho T144, para obter parâmetros estatísticos necessários às características texturais dos sedimentos, e o percentual da classificação por frequência simples (areia média, areia muito fina e silte grosso) além da classificação textural proposta por Folk (1974). O uso de diagramas texturais são recomendados pois ao longo do tempo mostraram uma estatística aplicada com uma composição mais próxima do real (Ponçano 1986), sendo essencial para interpretação ambientais mais precisas.

##### 5.4.1 Classificação Textural de Folk (1954)

A classificação proposta por Folk (1954) é baseada em um diagrama triangular (Figura 26), que representa proporcionalmente os conteúdos percentuais de cascalho ( $>2$  mm), areia (2 mm a  $63 \mu\text{m}$ ) e lama ( $<63 \mu\text{m}$ ) (Dias 2004). Para aplicar essa classificação, é necessário conhecer duas medidas: as quantidades percentuais de cascalho, utilizando as fronteiras de 80%, 30%, 5% e traços ( $<0,01\%$ ); e a razão entre areia e lama, usando as fronteiras proporcionais de 9:1, 1:1 e 1:9. Essa classificação é uma ferramenta útil na análise de sedimentos, pois permite a determinação das proporções relativas dos diferentes tamanhos de partículas presentes em uma amostra. Com base nas informações obtidas, é possível caracterizar o tipo de sedimento e compreender melhor os processos sedimentares que ocorreram na região de estudo.

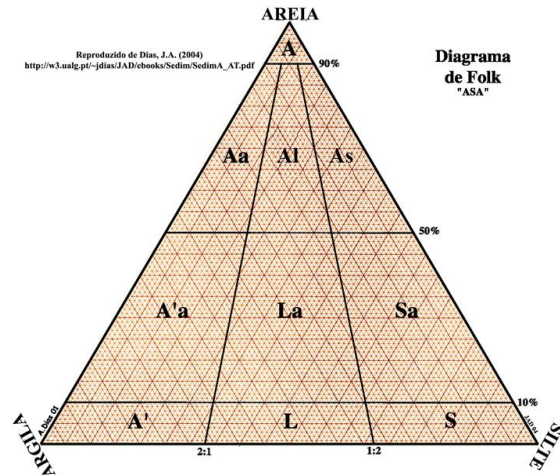


Figura 26- Diagrama triangular de Folk para a classificação de sedimentos finos (Dias 2004).

#### 5.4.2 Classificação de Shepard (1954)

Por Shepard (1954) foi proposto um novo esquema classificativo para sedimentos que difere da abordagem de Folk. Enquanto a classificação de Folk trata-se de extrair informações sobre a hidrodinâmica, ou seja, deduzir características do ambiente de deposição, o esquema de Shepard é puramente descritivo, sem considerar aspectos hidrodinâmicos. Esse esquema classificativo consiste em 10 classes, cada uma com suas características e designações (Fig.27). Embora não leve em consideração a hidrodinâmica, essa abordagem descritiva auxilia na compreensão das propriedades físicas e químicas dos sedimentos, contribuindo para uma melhor interpretação dos processos geológicos e ambientais envolvidos na sua formação.

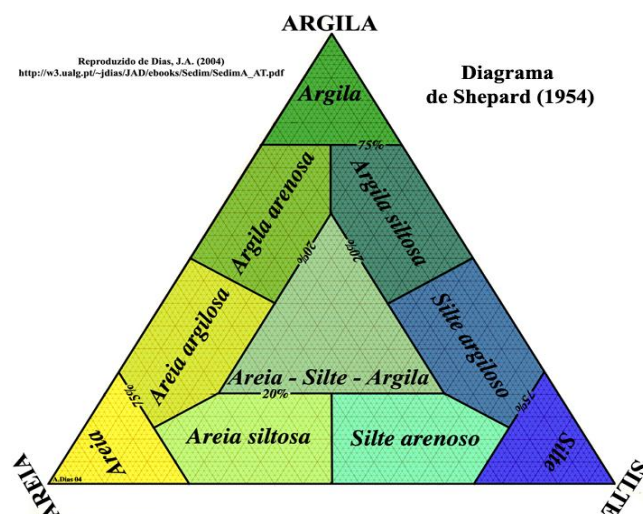


Figura 27- Diagrama de Shepard. Fonte: Dias (2004).

### 5.4.3 Diagrama de Pejrup

De acordo com Dias (2004), o Diagrama de Pejrup é uma ferramenta classificatória que se baseia principalmente no conteúdo de areia, mas também leva em consideração a proporção de silte/argila presentes nos sedimentos de fundo (Fig.28). O diagrama é subdividido em 16 que vão efetivamente indicar a condição hidrodinâmica no momento da deposição. Sedimentos com teores de argila acima de 80% na fração lama, são pouco comuns e caracterizam ambientes de baixa energia, e esse valor é usado para delimitar um dos campos no diagrama. De maneira simétrica, a linha correspondente a 20% de argila, na fração lama, é usada para representar ambientes de energia mais elevada, e a linha de 50% de argila na fração lama divide a seção média do diagrama em duas partes iguais.

O Diagrama de Pejrup é uma ferramenta útil na classificação e descrição de sedimentos, pois permite a avaliação das proporções relativas de areia, silte e argila presentes em uma amostra. Através dessa análise, é possível inferir informações sobre as condições ambientais e os processos sedimentares envolvidos na formação dos sedimentos, pois o diagrama torna possível identificar os diferentes níveis de energia dos ambientes sedimentares (Dias 2024).

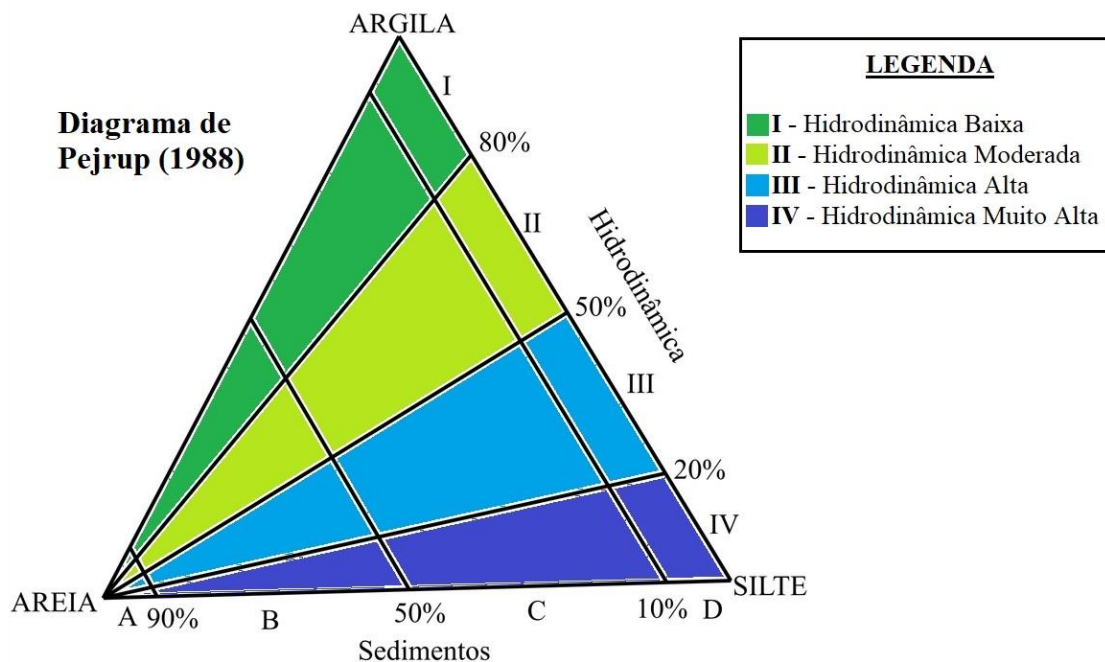


Figura 28- Diagrama de Pejrup (1988) Adaptado de Correa (2005).

#### 5.4.4 Classificação de Larssonneur

Através da classificação de Larssonneur (1997) foi possível obter a classificação dos sedimentos marinhos. Essa classificação dos sedimentos marinhos deu-se através do percentual de cada classe granulométrica com os valores do teor de CaCO<sub>3</sub> encontrados nas amostras. Essa classificação, segundo Bastos & Moscon (2005) pode indicar a variação no padrão de aporte sedimentar e nos processos de sedimentação. A classificação estabelecida por Dias (1996) modificado de Larssonneur (1977) consegue descrever a faciologia dos sedimentos analisados através da classificação de 4 categorias em função do teor de CaCO<sub>3</sub> (Quadro1):

- 1) litoclásticos (< 30% CaCO<sub>3</sub>)
- 2) litobioclástico (30 a 50% de CaCO<sub>3</sub>)
- 3) biolitoclástico (50 a 70 % de CaCO<sub>3</sub>)
- 4) bioclástico (> 70% CaCO<sub>3</sub>). Esta classificação

Quadro 1 - Classificação para sedimentos marinhos proposta por Larssonneur (1997) modificada por Dias (1996) apenas areias e sedimentos lamosos. Legenda: MD = Mediana; L = Lama; C = Coquina (>20,0 mm); S = Seixos (4,0 A 65,0 mm); G = Grânulos (2 A 4mm); R = Rodolitos.

SUBDIVISÕES PRINCIPAIS	AREIAS					SEDIMENTOS LAMOSOS		
	L < 15%; Areia + Lama > 50% Md < 2mm					L > 15%		
	AREIAS LITOCCLÁSTICAS					LAMA TERRÍGENA		
	15% < superior a 2mm < 50%		superior a 2mm < 15%					
<b>SEDIMENTO LITOCCLÁSTICO CaCO<sub>3</sub> &lt; 30%</b>	s + c + r > g <b>AL1a</b> areia litoclástica c/cascalho	s + c + r > g <b>AL1b</b> areia litoclástica c/ grânulos	0.5 a 2mm <b>AL1c</b> areia litoclástica muito grossa a grossa	0.25 a 0.5mm <b>AL1d</b> areia litoclástica média	0.05 a 0.25mm <b>AL1e</b> areia litoclástica fina a muito fina	L < 25% <b>LL1a</b> areia lamosa	25% < L < 75% <b>LL1b</b> Areia lamosa terrigena	L > 75% <b>LL1c</b> lama terrigena
	AREIAS LITOBIOCLÁSTICAS					MARGA		
	15% < superior a 2mm < 50%		superior a 2mm < 15%					
<b>SEDIMENTO LITOBIO 30% &lt; CaCO<sub>3</sub> &lt; 50%</b>	s + c + r > g <b>AL2a</b> areia litobioclástica c/ cascalho	g > s + c + r <b>AL2b</b> areia litobioclástica com grânulos	0.5 a 2mm <b>AL2c</b> areia litobioclástica grossa a muito grossa	0.25 a 0.5mm <b>AL2c</b> areia litobioclástica média	0.05 a 0.25mm <b>AL2e</b> areia litobioclástica fina a muito fina	L < 25% <b>LL2a</b> marga arenosa	25% < L < 75% <b>LL2b</b> marga arenosa	L > 75% <b>LL2c</b> marga
	AREIAS BIOLITOCCLÁSTICAS					MARGAS CALCÁRIAS		
	15% < superior a 2mm < 50%		superior a 2mm < 15%					
<b>SEDIMENTO BIOLITOCCLÁSTIC O 50% &lt; CaCO<sub>3</sub> &lt; 70%</b>	c + r + s > g <b>AB1a</b> areia biolitoclástica c/cascalho	c + r + s < g <b>AB1b</b> areia biolitoclástica c/grânulos	0.5 a 2mm <b>AB1c</b> areia biolitoclástica grossa a muito grossa	0.25 a 0.5mm <b>AB1c</b> areia biolitoclástica média	0.05 a 0.25mm <b>AB1e</b> areia biolitoclástica fina a muito fina	L < 25% <b>LB1a</b> marga calcárea arenosa	25% < L < 75% <b>LB1b</b> marga calcárea arenosa	L > 75% <b>LB1c</b> marga calcárea
	AREIAS BIOCLÁSTICAS					LAMAS CALCÁRIAS		
	15% < superior a 2mm < 50%		superior a 2mm < 15%					
<b>SEDIMENTO BIOCLÁSTICO 50% &lt; CaCO<sub>3</sub> &lt; 70%</b>	c + r + s > g <b>AB2a</b> areia bioclástica c/nódulos ou conchas	g > c + r + s <b>AB1b</b> areia bioclástica c/grânulos	0.5 a 2mm <b>AB2c</b> areia bioclástica grossa a muito grossa	0.25 a 0.5mm <b>AB2c</b> areia bioclástica média	0.05 a 0.25mm <b>AB2e</b> areia bioclástica fina a muito fina	L < 25% <b>LB2a</b> areia bioclástica lamosa	25% < L < 75% <b>LB2b</b> vasa calcárea arenosa	L > 75% <b>LB2c</b> vasa calcárea

Fonte: Adaptado de Dias (1996).

## 5.5 ANÁLISE PALEONTOLÓGICAS

### 5.5.1 Recuperação e preparação de palinomorfos para a triagem

Para determinar e concentrar as amostras para o estudo paleontológico, optou-se por utilizar uma metodologia padrão de estudos de microfósseis calcários, com a primeira parte referente ao tratamento químico das amostras. Esse tratamento tem como principal finalidade concentrar os palinomorfos para análises e remover as partes indesejadas (Kuhn 2017).

Segundo Oliveira *et al.* (2003) existem quatro metodologias tipicamente adotadas em estudos de microfósseis orgânicos para a preparação de amostras: 1) Palinofácies, que recupera toda a MO presente originalmente na amostra; (2) Palinologia do Quaternário, método que utiliza a acetólise para eliminação da celulose das amostras; (3) Paleopalínologia, que utiliza compostos oxidantes, como hidróxido de potássio (KOH) e/ou ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>), para clareamento dos palinomorfos; e por fim (4) Palinologia por peneiramento.

Similar ao método de Palinologia do Quaternário e ao de paleopalínologia, o método de tratamento usando nesta pesquisa foi estabelecido por Ybert (1992) modificado por Kuhn (2017), e consiste em: (1) Para retirada dos silicatos foi utilizado 10 mL de ácido fluorídrico (HF) concentrado a 48%; (2) após, será adicionado 10 mL de ácido clorídrico (HCL), concentrado a 10%, objetivando eliminar o CaCO<sub>3</sub>; (3) 10 ml hidróxido de potássio (KOH) concentrado a 10% para a eliminação dos ácidos húmicos; (4) Para desidratar as amostras e evitar reações químicas explosivas na etapa de acetólise, recomenda-se colocar 10 mL de ácido acético glacial (CH<sub>3</sub>COOH); (5) a acetólise é a etapa que consiste na mistura de nove partes de anidrido acético (CH<sub>3</sub>CO) e uma parte de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), que irá eliminar a celulose e o conteúdo citoplasmático dos grãos de pólen e esporos.

No ataque da amostra com ácido fluorídrico (HF a 40%), tem-se o cuidado de não utilizar materiais de vidro, pois a reação do HF é altamente exotérmica e deve ser feita em uma capela fechada, com exaustão e distante de outros reagentes químicos (Oliveira *et al.* 2003) pois possui um cheiro forte e solta um pouco de fumaça no momento da reação.

Nessas metodologias, após cada etapa, as amostras são centrifugadas e os ácidos e bases adequadamente descartados, as amostras são lavadas com água destilada e novamente submetidas à centrifugação e descarte da água. Ao final desse processo o material restante foi peneirado em malha metálica para concentrar resíduo menor que 250 µm. Com esse material foram preparadas as lâminas palinológicas.

A etapa de adição de HCL é utilizada para eliminar o material carbonático e alguns microorganismos indesejáveis deixando a amostra mais limpa, para a eliminação da fração carbonática (nanofósseis, microforaminíferos e ostracodes) usa-se mais ácido clorídrico (HCl a 32%) e espera-se a reação cessar ou 2 horas (Oliveira *et al.* 2003).

Produtos oxidantes, como o hidróxido de potássio (KOH) e o ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>), são recomendados por Brenner (1998) para a eliminação da MO amorfa e clarear os palinomorfos porém Oliveira *et al.* (2003) alerta que em material do Recente e Quaternário, os dinocistos são muito claros e muito mais frágeis do que os dinocistos de amostras mais antigas portanto o uso de oxidantes deve ser evitado ou usado com moderação.

### **5.5.2 Preparação de lâminas palinológicas**

As lâminas palinológicas foram montadas no Laboratório de Geologia Oceânica (LAGEOC) com o auxílio de uma chapa aquecedora segundo o método de Wanderley (2000). A lâmina é colocada na chapa quente e com um bastão de vidro, é colocado uma pequena quantidade de Bálsamo do Canadá, logo em seguida é adicionado uma pequena quantidade de amostra seca. Esse processo deve ser rápido pois quando bálsamo ferve, ele queima e endurece impossibilitando a preparação da lâmina. Por fim, foi colocado a lamínula com cuidado, pressionando levemente para que o Bálsamo do Canadá se espalhe deixe a amostra homogenia e sem bolhas na superfície.

### **5.5.3 Análises qualitativas por microscopia**

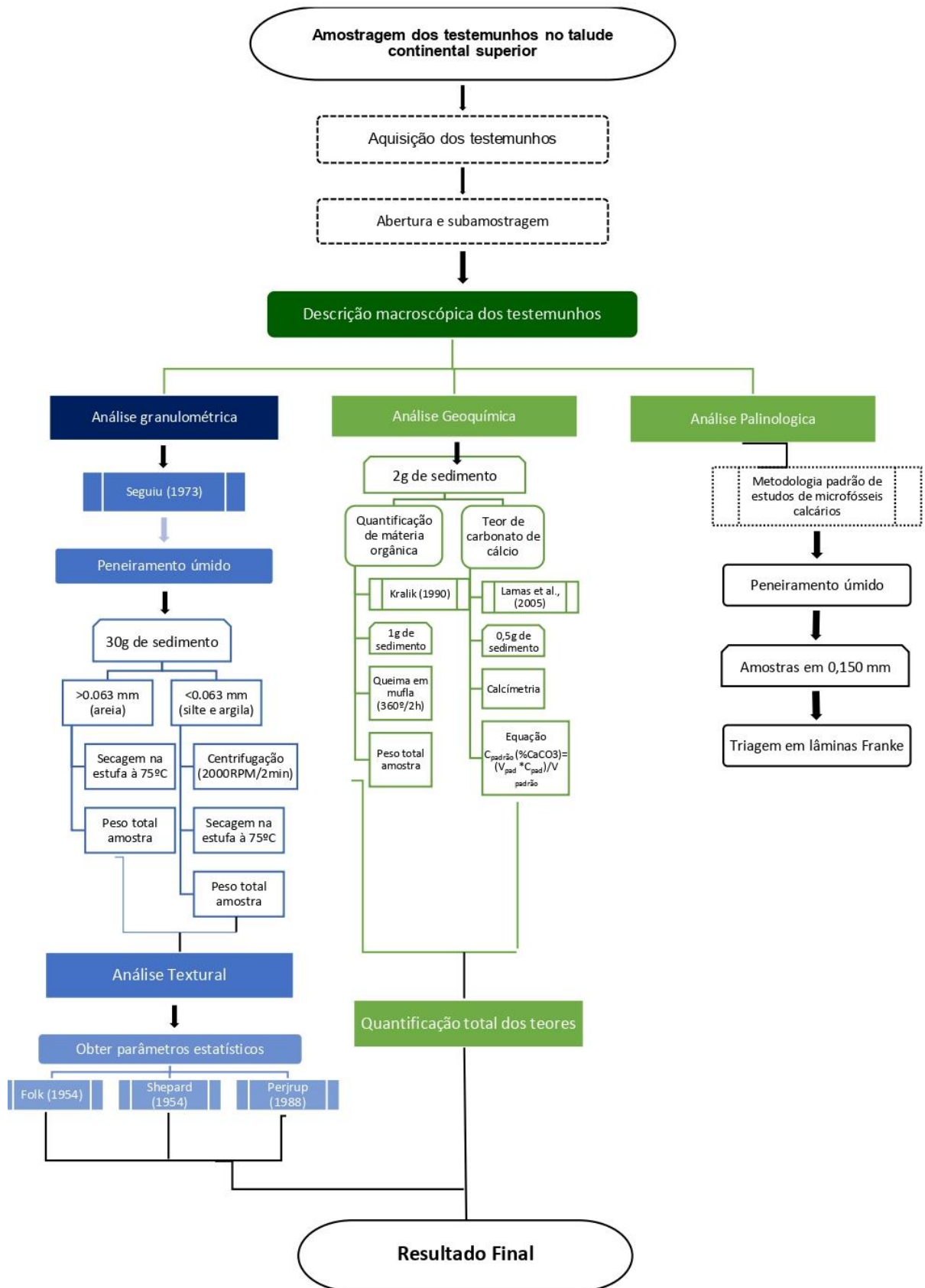
Após a preparação das lâminas as amostras foram levadas ao Laboratório do Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros (GEMC) para análises qualitativas no microscópio óptico com aumento de 40x em busca de quaisquer evidências de pólenes e microfósseis calcários, entendendo as limitações impostas pela falta de aumento da etapa de microscopia óptica (Fig.29).



Figura 29- Etapa de lupa em análises de amostras para a investigação palinológica. Fonte: Autora.

Sendo uma análise mais interpretativa e subjetiva, visto que haviam limitações de tempo e materiais como lâmina *England Finder*, que permitem a fotomicrografias das amostras com o uso de um microscópio óptico de aumento em 1000x com câmera acoplada.

## FLUXOGRAMA DE METODOLOGIA



## 6 SEDIMENTAÇÃO E INVESTIGAÇÃO PALINOLOGICA PRELIMINAR DO TALUDE CONTINENTAL SUPERIOR DO AMAZONAS

### RESULTADOS

#### 6.1 TEXTURA E DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA

##### 6.1.1 Descrição Faciológica do testemunho T66

A descrição macroscópica e textural do testemunho T66, recuperado 273 km da costa no talude continental do Amazonas, medindo cerca de 2,05 m de comprimento (Fig. 31), foi subdividido em 2 seções estratigráficas A (medindo 108 cm) e B (medindo 97,5 cm). Não foi observada nenhuma marca estratigráfica e biotubação no testemunho e as amostras foram considerados maciços, apresentou variações visíveis de granulometria, no qual na seção A, foi possível observar logo no topo uma pequena quantidade de areia media e depois novamente no final desse mesmo testemunho. A descrição de coloração do testemunho T66, foi classificada segundo a tabela de cores Rock Color Chart (2009), sendo encontradas as seguintes características:

Tabela 1 - Caracterização e coloração das fácies identificadas no testemunho T66.

Seção	Tamanho (m)	Coloração	Manchas	Textura	Microfósseis
A	0,2-0,4 m	5YR 2/2 <i>Dusky Brown</i> (Castanho Escuro)	10 YR 2/2 <i>Dusky Yellowish Brown</i> 5R 2/2	Lama e areia fina (Pouco)	Fragmentos de conchas
	0,4-0,8m	5YR 2/2 <i>Dusky Brown</i>	<i>Blackish Red</i> (Avermelhad as)	Lama argilosa	Conchas e fragmentos
	0,8-1,0m	5YR 2/2 <i>Dusky Brown</i>	5R 2/2 <i>Blackish Red</i>	Lama argilosa e areia fina (Pouco)	Macro-concha e Conchas e fragmentos
B	1,1-1,6 m	5Y 3/2 <i>Grayish brown</i>	5R 2/2 <i>Blackish Red</i>	Lama argilosa	Conchas e fragmentos
	1,7-2,0 m	5YR 2/2 <i>Dusky Brown</i>	5R 2/6 <i>Very Dark Red</i>	Lama argilosa	Conchas e fragmentos

Fonte: Autora.



Figura 30-Análise macroscópica do testemunho T66. Fonte: Autora.

### 6.1.2 Descrição Faciológica do testemunho T144

O testemunho T144 (4,55 m) foi subdividido em 4 seções: A (108 cm), B (108 cm), C (108 cm) e D (108 cm) (Fig. 32). Antes do processo de abertura do testemunho, os sedimentos tinham uma textura rígida, após a abertura em estado úmido, apresentou consistência lamosa e maciça, não sendo possível a identificação de marcas estratigráficas no testemunho. Foi possível observar fragmentos calcários de moluscos e bivalves. As características das seções estão descritas na Tabela 2, a coloração dos sedimentos baseada na ficha de no Rock Color Chart (2009), e os sinais superficiais visíveis de textura e registros de microfósseis e bioturbações:

Tabela 2 - Caracterização e coloração das fácies identificadas no testemunho T144.

Seção	Tamanho (m)	Coloração	Manchas	Textura	Microfósseis
A	0,2-0,4 m	10 R 4/2 <i>Grayish red</i>	10R 6/6 <i>Moderate Reddish Orange</i>	Lama argilosa	Conchas e fragmentos
	0,5-0,8m	10 YR 2/2 <i>Dusky Yellowish Brown</i>	10 YR 5/4 <i>Moderate Yellowish Brown</i>	Lama argilosa	Conchas e fragmentos
	0,9-1,0m	5YR 3/2 <i>Grayish brown</i>		Lama argilosa	Fragmentos de conchas
B	1,1-1,6 m	5YR 3/2 <i>Grayish brown</i>	10 YR 5/4 <i>Moderate Yellowish Brown</i>	Lama argilosa	Conchas e fragmentos
	1,7-1,9 m	5YR 5/6 <i>Light Brown</i>		Lama argilosa	Conchas e fragmentos
C	2,0-2,4 m	10 R 3/4 <i>Dark Reddish Brown</i>	10 YR 5/4 <i>Moderate Yellowish Brown</i>	Lama argilosa	Fragmentos de conchas
	2,5-3,1m	5 R 2/6 <i>Very Dark Red</i>		Lama argilosa	Conchas e fragmentos
D	3,2-3,4 m	5 R 2/6 <i>Very Dark Red</i>	5R 2/6 <i>Very Dark Red</i>	Lama argilosa	Conchas e fragmentos
	3,5-4,5 m	5Y 3/2 <i>Grayish Brown</i>	5R 2/6 <i>Very Dark Red</i>	Lama argilosa	Conchas e fragmentos

Fonte: Autora.

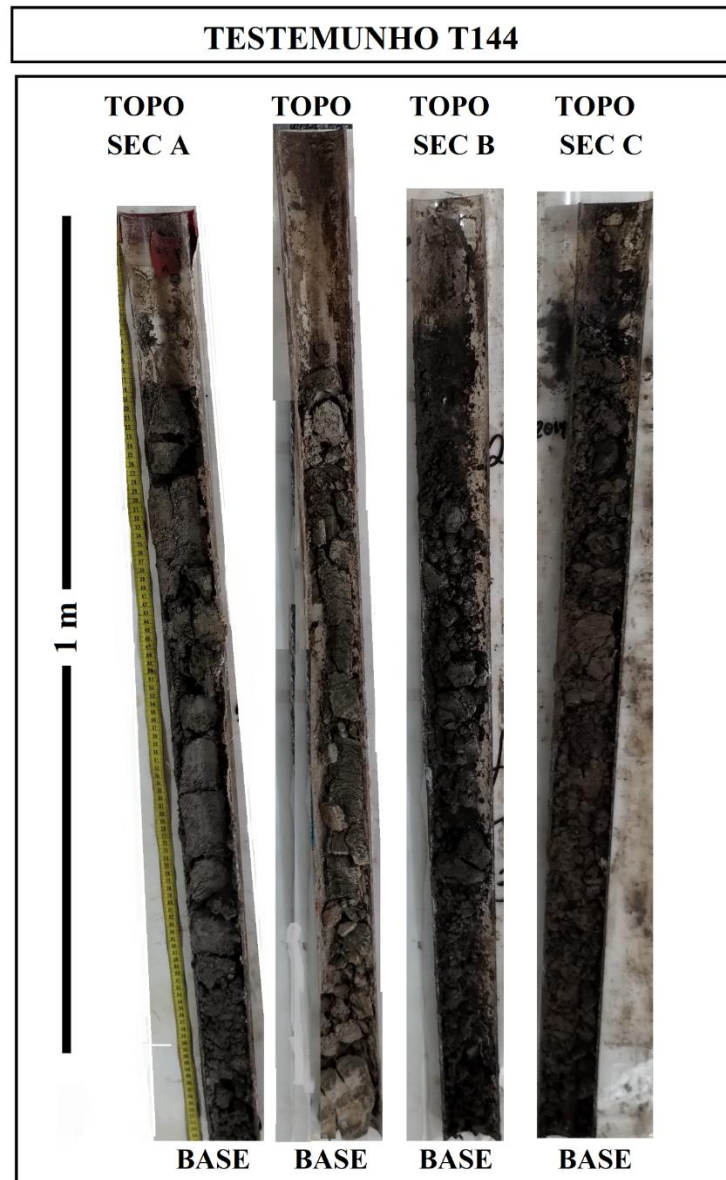


Figura 31- Análise macroscópica do testemunho T144. Fonte: Autora.

## 6.2 GRANULOMETRIA DOS TESTEMUNHOS

Baseado na classificação textural de Folk (1954), os testemunhos T66 e T144 apresentaram médias granulométricas pouco diferentes entre si, com maior predominância na fração granulométrica de silte. No T66 a porcentagem de silte foi de 95% seguido de 2% de argila e 3% de areia (Fig.32). No T144 a porcentagem de silte foi de 93%, seguido de 1% de argila e 6% de areia, observou-se um aumento de 3% no percentual da fração de areia e a redução de 1% da fração de argila (Fig.33).

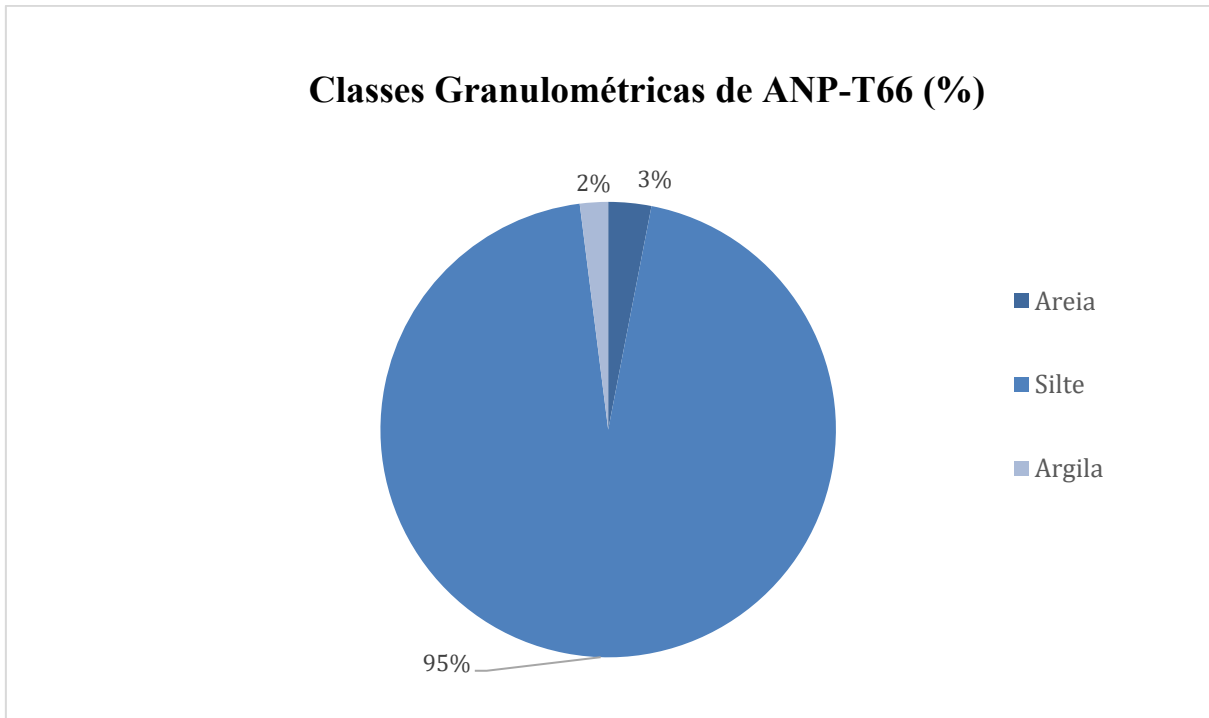


Figura 32-Gráfico de porcentagens totais das classes granulométricas do testemunho T66. Fonte: Autora.

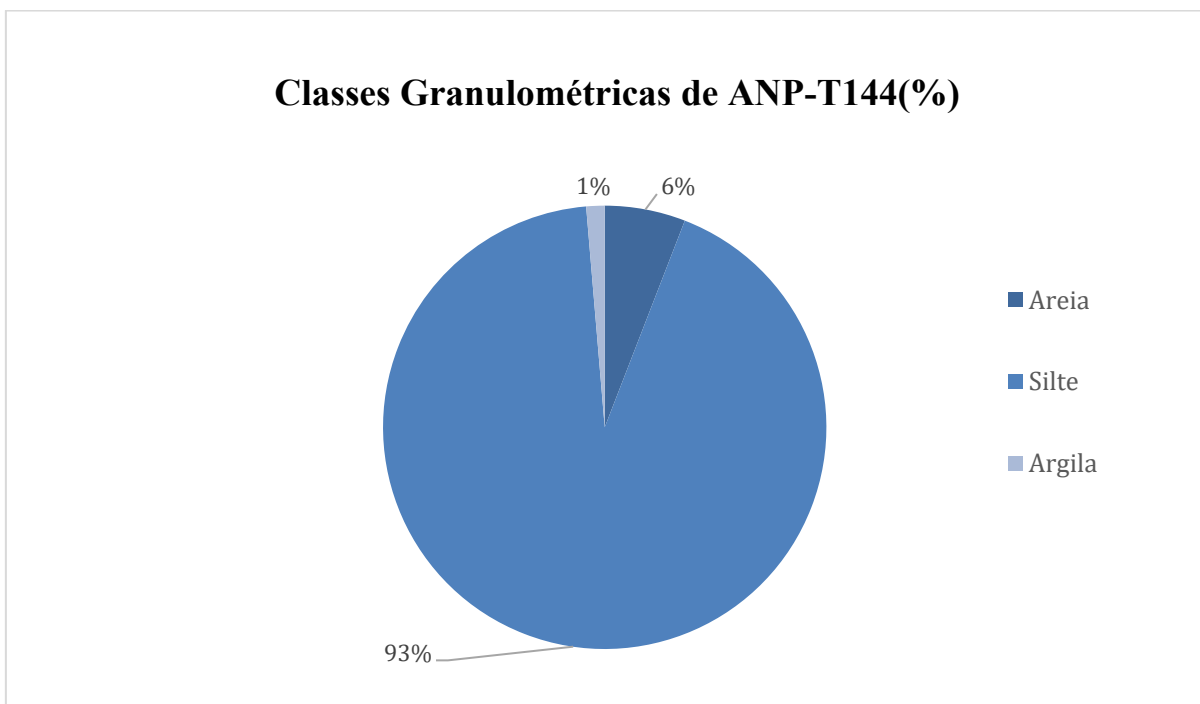


Figura 33- Gráfico de porcentagens totais das classes granulométricas do T144. Fonte: Autora.

O T66 (fig.34) apresentou valor máximo de 12,23% da fração areia no topo do testemunho, na profundidade de 0,2 m, sendo este o maior valor de areia encontrado na análise dos dois testemunhos, e valor mínimo de 0,84% na profundidade de 2,1 m. Os valores de areia e argila foram praticamente opostos em totalidade em relação à profundidade, onde em 1,4 m foi

encontrada porcentagem máxima de argila, 2,97%, foi visto o segundo menor valor de areia de 1,10%. O valor máximo de silte 97,88 % foi identificado na profundidade 1,2, enquanto o valor mínimo foi no topo do testemunho com o valor de 87,22 %, mesmo ponto em que houve a maior quantidade de areia.

O T144 (Fig.34) apresentou valor máximo de 19,41% da fração areia no topo do testemunho, na profundidade de 0,2 m, e valor mínimo de 0,51% na profundidade de 3,7 m. Os valores de argila foram praticamente constantes em relação à profundidade, e quase proporcionalmente opostos aos valores de silte. Em 4 m do testemunho foi encontrada porcentagem máxima de silte, 99,44%, foi visto o menor valor de argila de 0,10%. Enquanto que na profundidade de 0,3 m foi identificada menor porcentagem de silte, 75,93%, em 2 m foi observado o valor máximo da fração granulométrica argila de 3,18%.

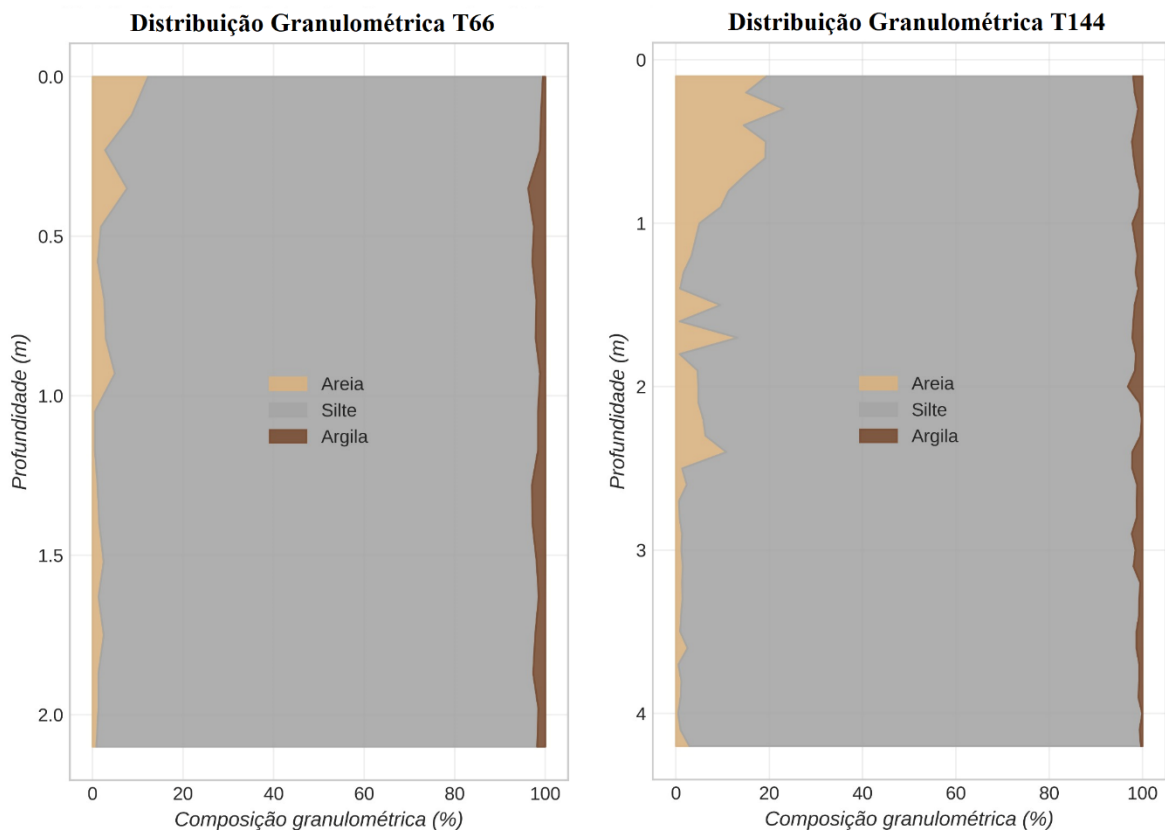


Figura 34- Distribuição granulométrica ao longo dos testemunhos T66 e T144. Fonte: Autora.

## 6.2.1 Classificação estatística do T66

*Classificação de Folk e Ward*

Segundo a classificação de Folk & Ward (1957) as amostras obtidas do T66 foram classificadas como silte grosso (Fig. 35). Quanto ao grau de seleção em sua totalidade foi classificado como muito bem selecionado, com valor máximo de 0,4593 e mínimo de 0,313 (Fig.36). Quanto à curtose foi classificado em totalidade como predominantemente platicúrtica e alguns pontos leptocúrtica, os valores variaram de máximo de 1,24 e mínimo de 0,73 (Fig.37). Quando a classificação de assimetria das amostras foram classificadas como aproximadamente simétrica, com três amostras de assimetria negativa (Fig.38).

Tabela 3 - Classificação dos sedimentos do T66 de acordo com Folk & Ward (1957).

Seção	Classificação	Grau de Seleção	Assimetria	Curtose
A (0,2-0,5)	Silte grosso	Bem selecionado	Negativa	Leptocúrtica
A (0,6-1,0)	Silte grosso	Muito bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
B (1,2-1,6)	Silte grosso	Muito bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
B (1,7-2,1)	Silte grosso	Muito bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica

Fonte: Autora.

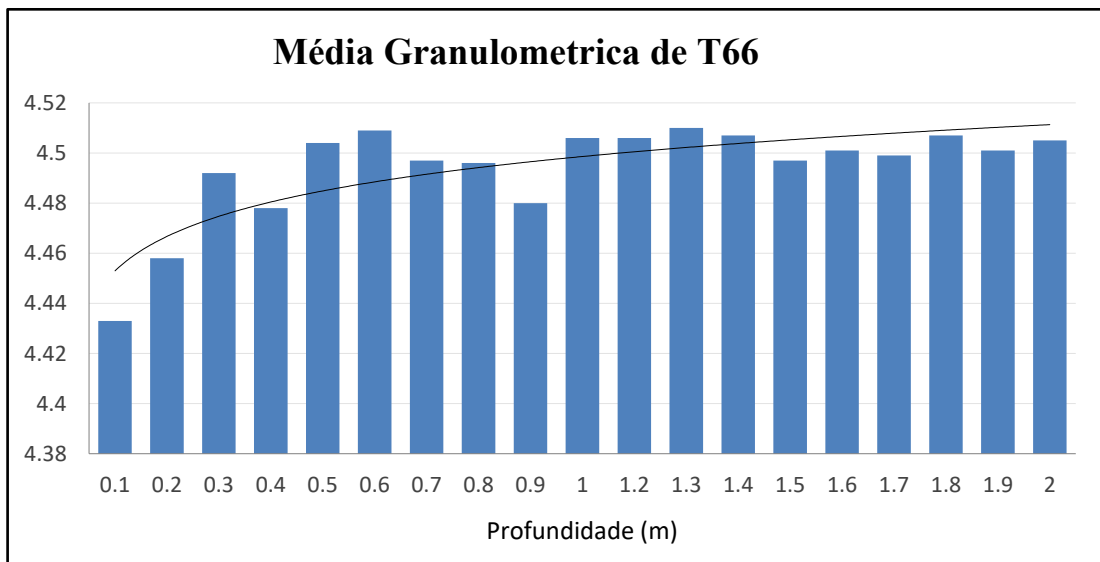


Figura 35- Análise de média granulométrica do T66. Fonte: Autora.

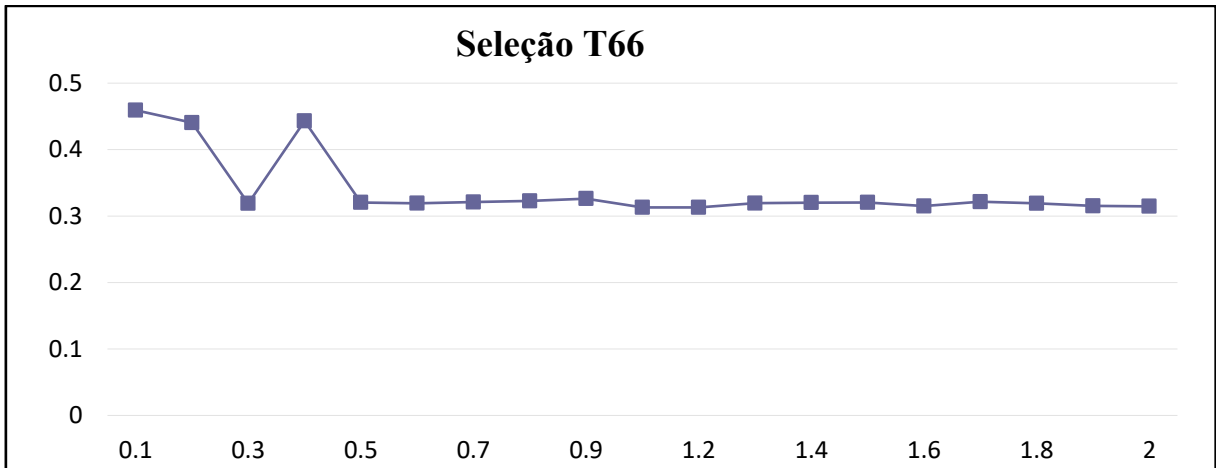


Figura 36- Análise de grau de seleção do T66. Fonte: Autora.

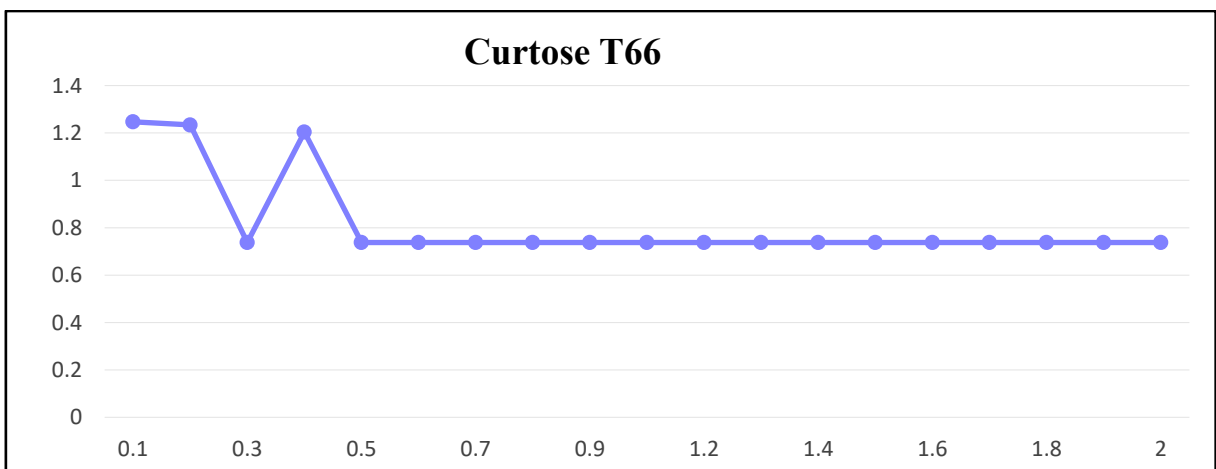


Figura 37- Valores de curtose do T66. Fonte: Autora.

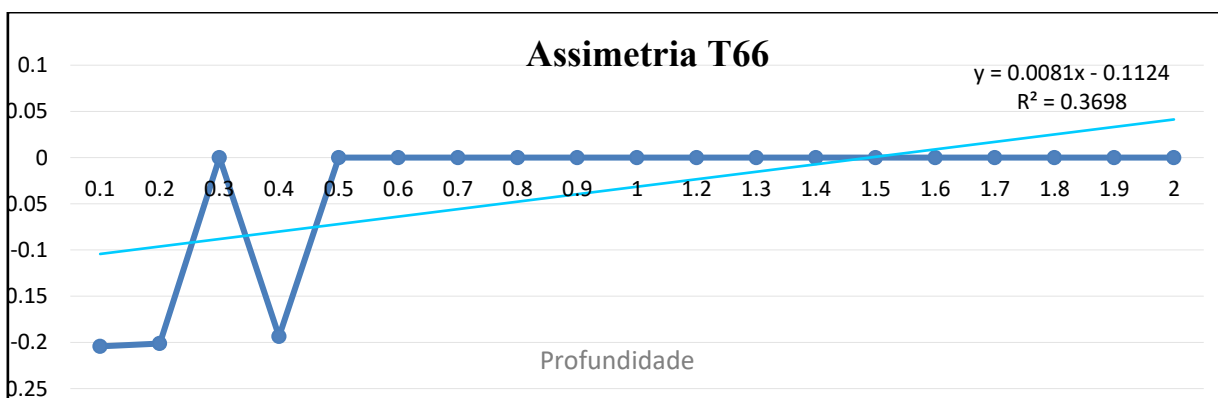


Figura 38- Valores de assimetria do T66. Fonte: Autora.

### Diagrama de Shepard

O diagrama de Shepard (1954) classificou os sedimentos do T66 em sua totalidade como Silte ou Siltito (fig.39).

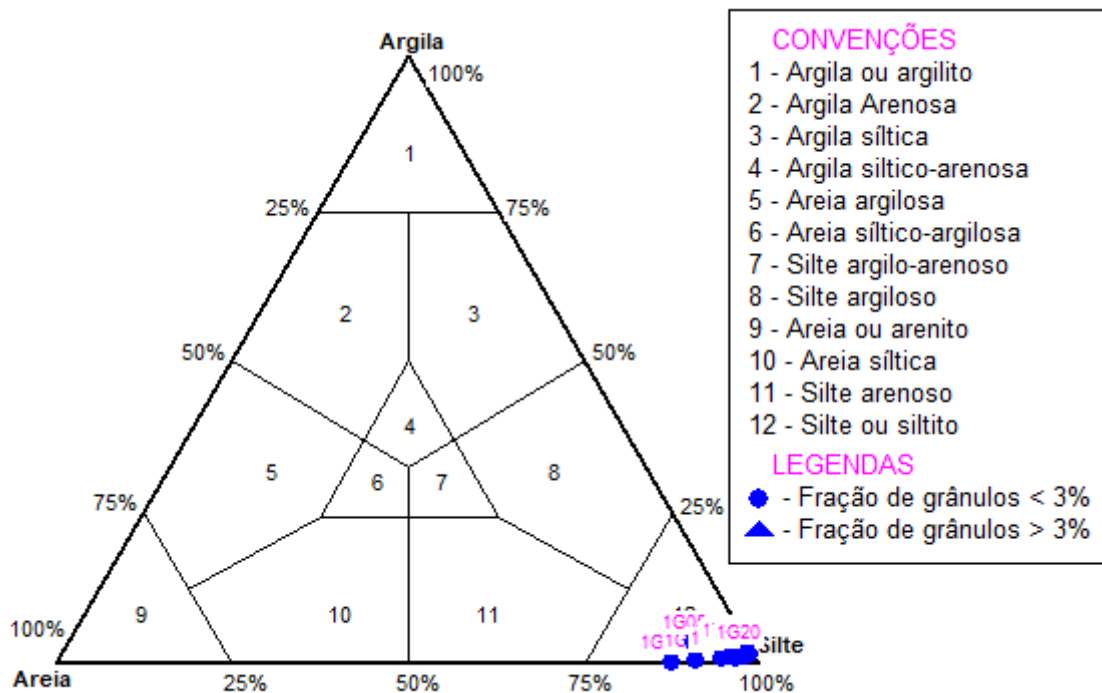


Figura 39- Classificação de Shepard (1954) para os sedimentos do T66. Fonte: Autora.

#### Diagrama de Pejrup

De acordo com Pejrup (1988) os sedimentos do T66 foram classificados como silte depositado em ambiente com hidrodinâmica muito alta (IV) e (fig.40).

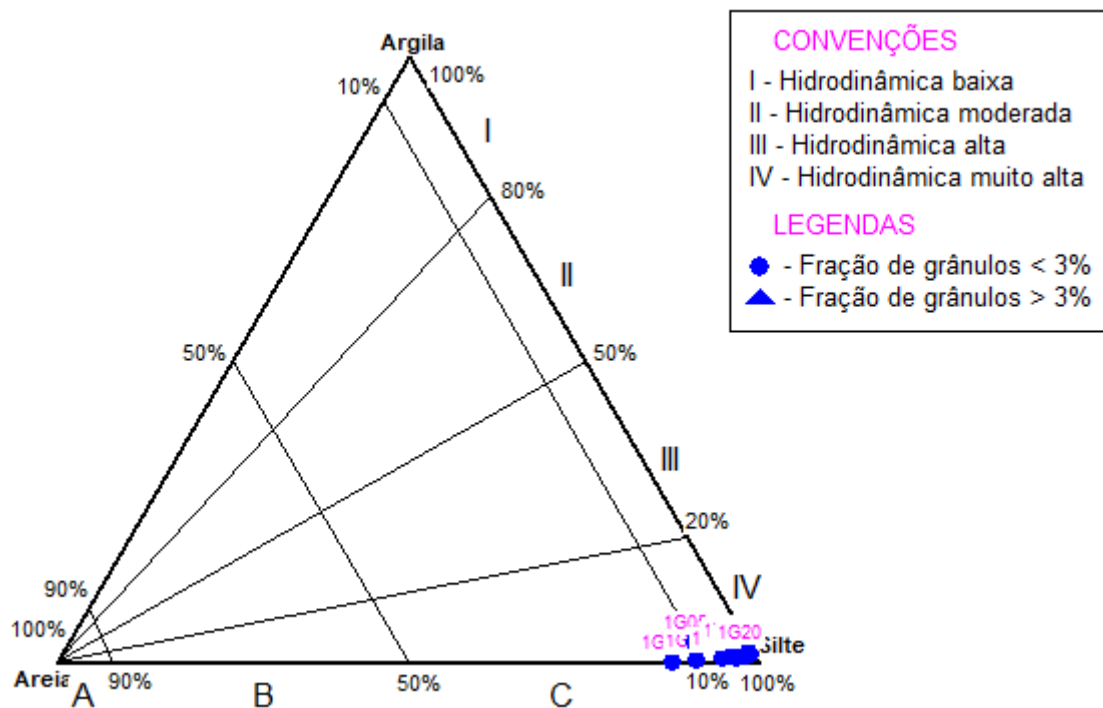


Figura 40- Classificação de Pejrup (1988) para os sedimentos do T66. Fonte: Autora.

## 6.2.2 Classificação estatística do T144

### *Classificação de Folk e Ward*

Segundo a classificação de Folk & Ward (1957) as amostras obtidas do T144 foram classificadas como silte grosso (fig.41). Quanto ao grau de seleção houve mais pontos classificados como muito selecionado, com valor máximo 0,64 e mínimo de 0,30 (fig.42). Quanto à curtose foi classificado como predominantemente platicúrtica (em 26 pontos no testemunho) e alguns pontos leptocúrtica, os valores variaram com máximo de 1,22 e mínimo de 0,73 (fig.43). Quando a classificação de assimetria das amostras foram classificadas como aproximadamente simétrica (fig.44). Na seção B a assimetria foi aproximadamente simétrica, com 2 pontos negativos em 2G14 e 2G16, nestes pontos também houve variação na classificação de curtose sendo esta Leptocúrtica. Todos os dados estão melhor organizados na tabela 4.

Tabela 4 - Classificação dos sedimentos do T144 de acordo com Folk & Ward (1957).

<b>Seção</b>	<b>Classificação</b>	<b>Grau de Seleção</b>	<b>Assimetria</b>	<b>Curtose</b>
<b>A (0,2-1,1)</b>	Silte grosso	Bem selecionado e moderadamente bem selecionados	Negativa e muito negativa	Leptocúrtica
<b>B (1,2-2,0)</b>	Silte grosso	Muito bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
<b>C (2,2-3,2)</b>	Silte grosso	Muito bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
<b>D (3,3-4,5)</b>	Silte grosso	Muito bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica

Fonte: Autora.

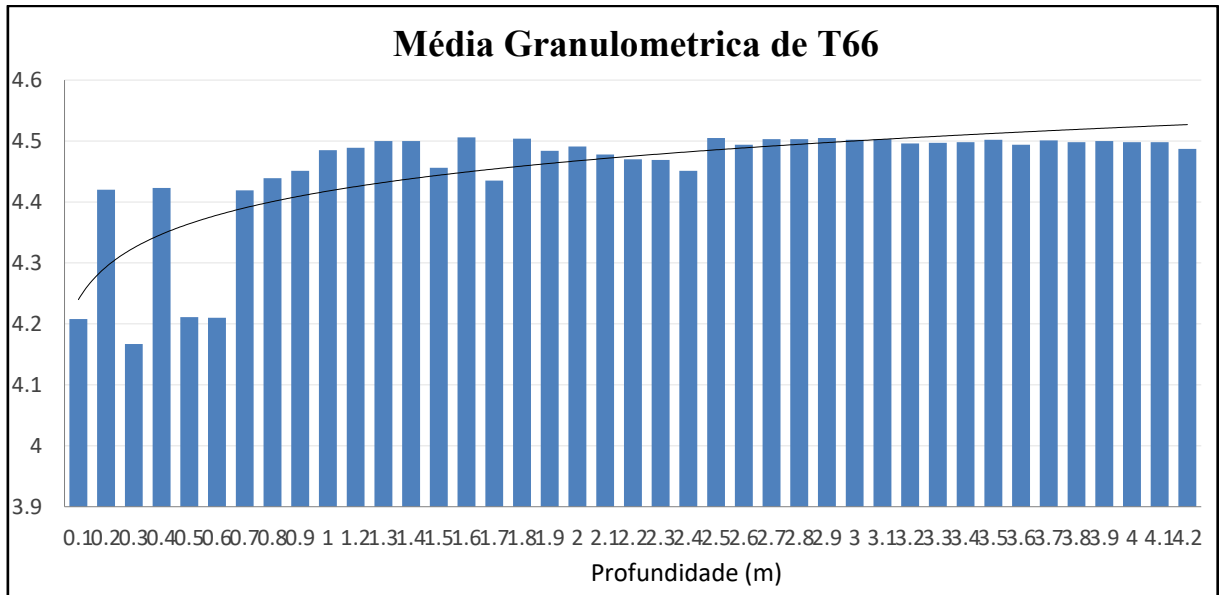


Figura 41- Análise de média granulométrica do T144. Fonte: Autora.

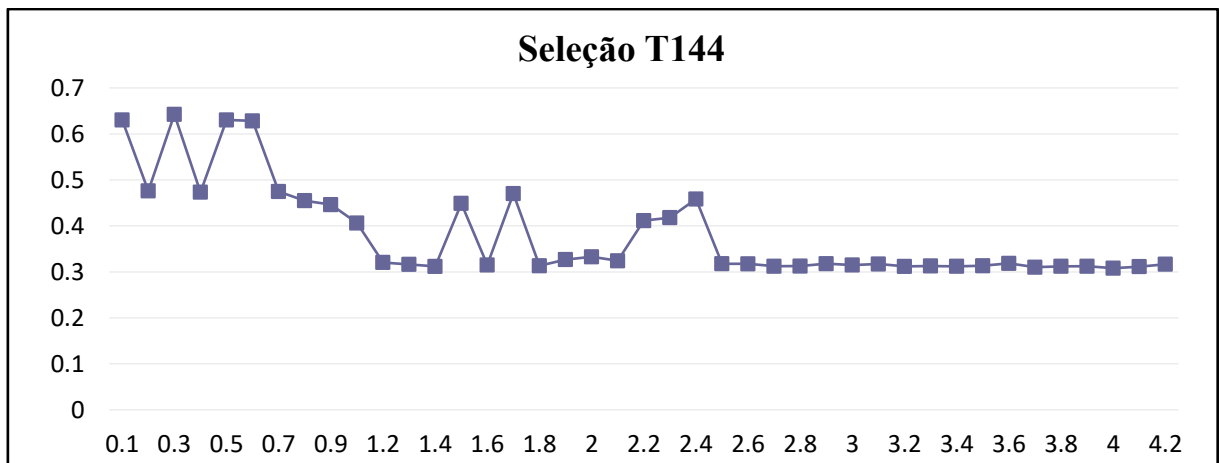


Figura 42- Análise de grau de seleção do T144. Fonte: Autora.

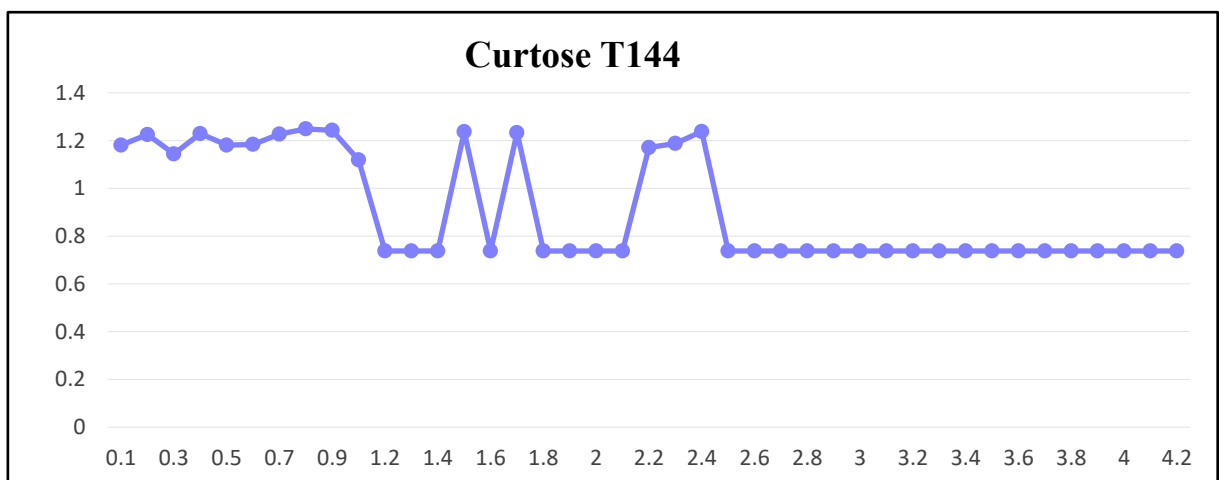


Figura 43- Valores de curtose do T144. Fonte: Autora.

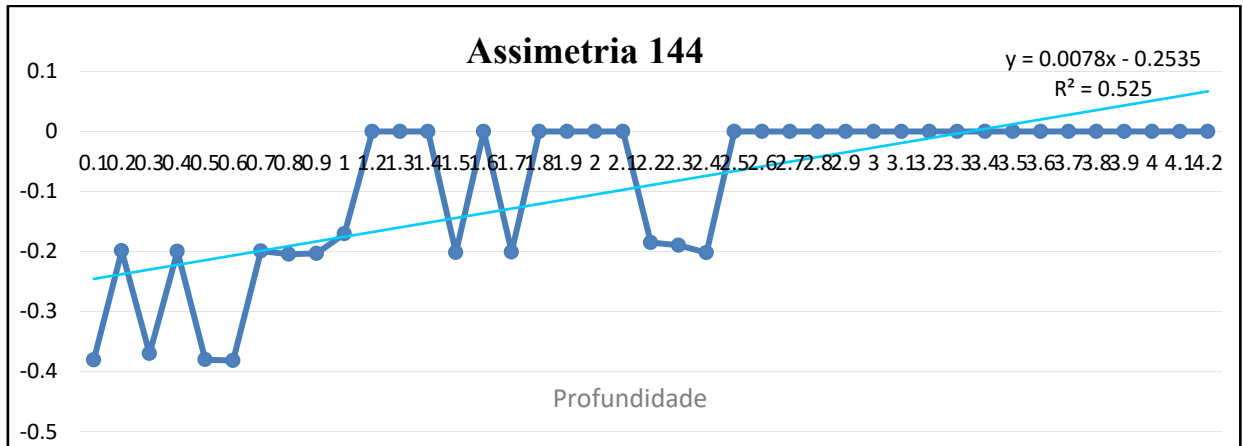


Figura 44- Valores de assimetria do T144. Fonte: Autora.

*Diagrama de Shepard*

O diagrama de Shepard (1954) classificou os sedimentos uma pequena parte como Silte Argiloso e as demais amostras como Silte ou Siltito (fig.45).

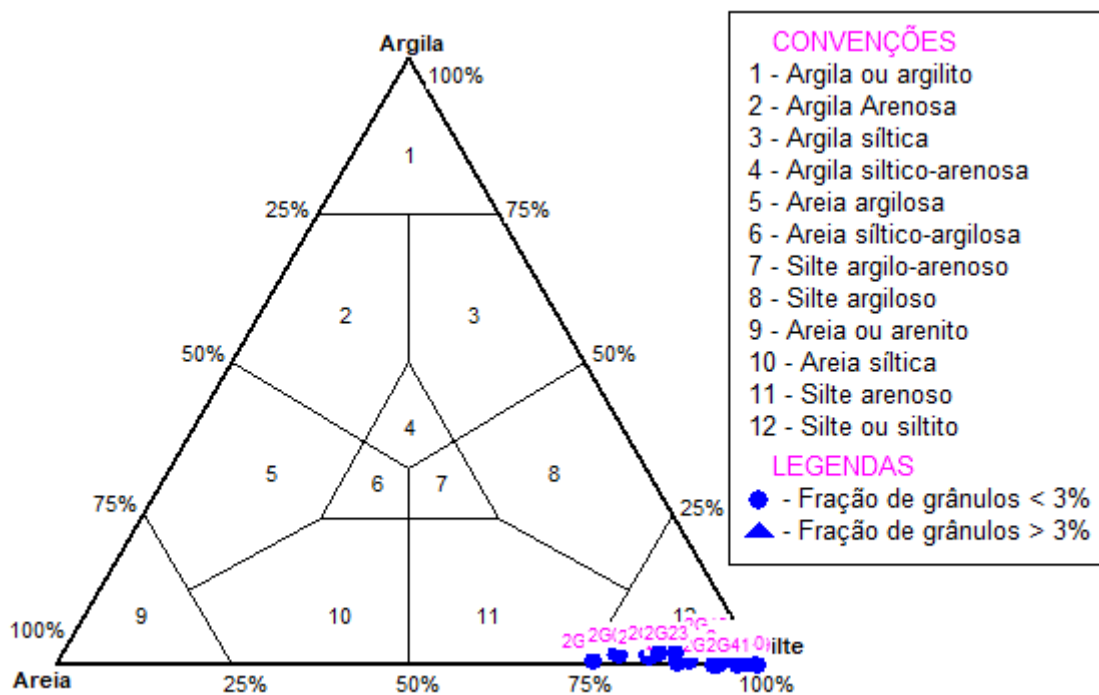


Figura 45- Classificação de Shepard (1954) para os sedimentos do T144. Fonte: Autora.

*Diagrama de Perjrup*

De acordo com Perjrup (1988) os sedimentos do testemunho foram classificados como silte depositado em ambiente com hidrodinâmica muito alta (IV)(fig.46).

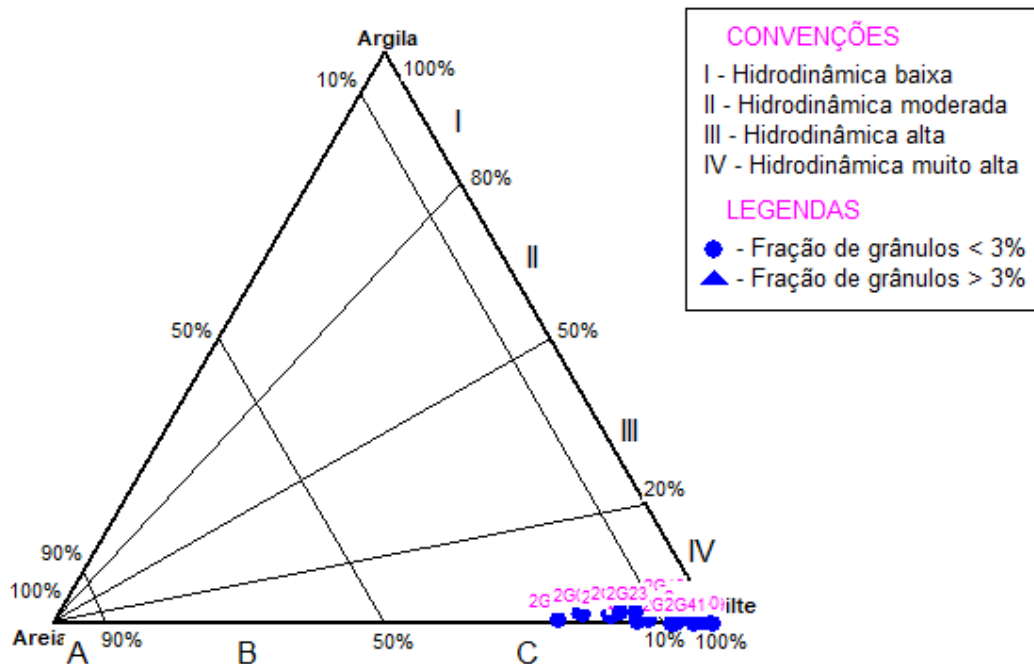


Figura 46- Classificação de Perjrup (1988) para os sedimentos do testemunho T144. Fonte: Autora.

### 6.3 MATÉRIA ORGÂNICA (MO)

Os teores médios de MO nos testemunhos, T66 e T144 (fig.47), foram de 16,39% e 14,73% respectivamente.

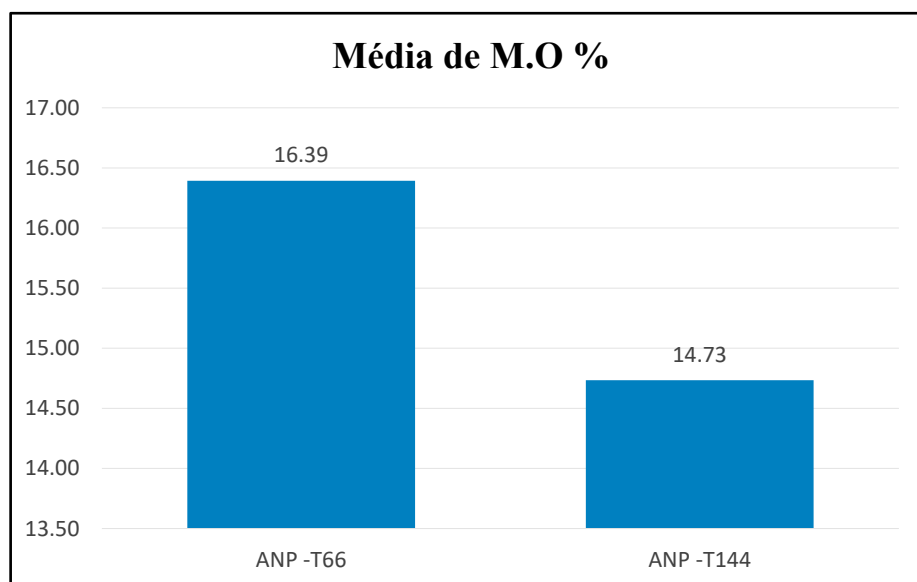


Figura 47- Médias totais de matéria orgânica encontradas no T66 e T144. Fonte: Autora.

#### 6.3.1 Teor de M.O do T66

O T66 (fig.48) apresentou um padrão decrescente no teor de MO presente nos sedimentos. Apresentando os maiores teores de MO nas amostras da seções A, o menor valor foi encontrado na profundidade de 1,7 m com o valor de 10,64% .

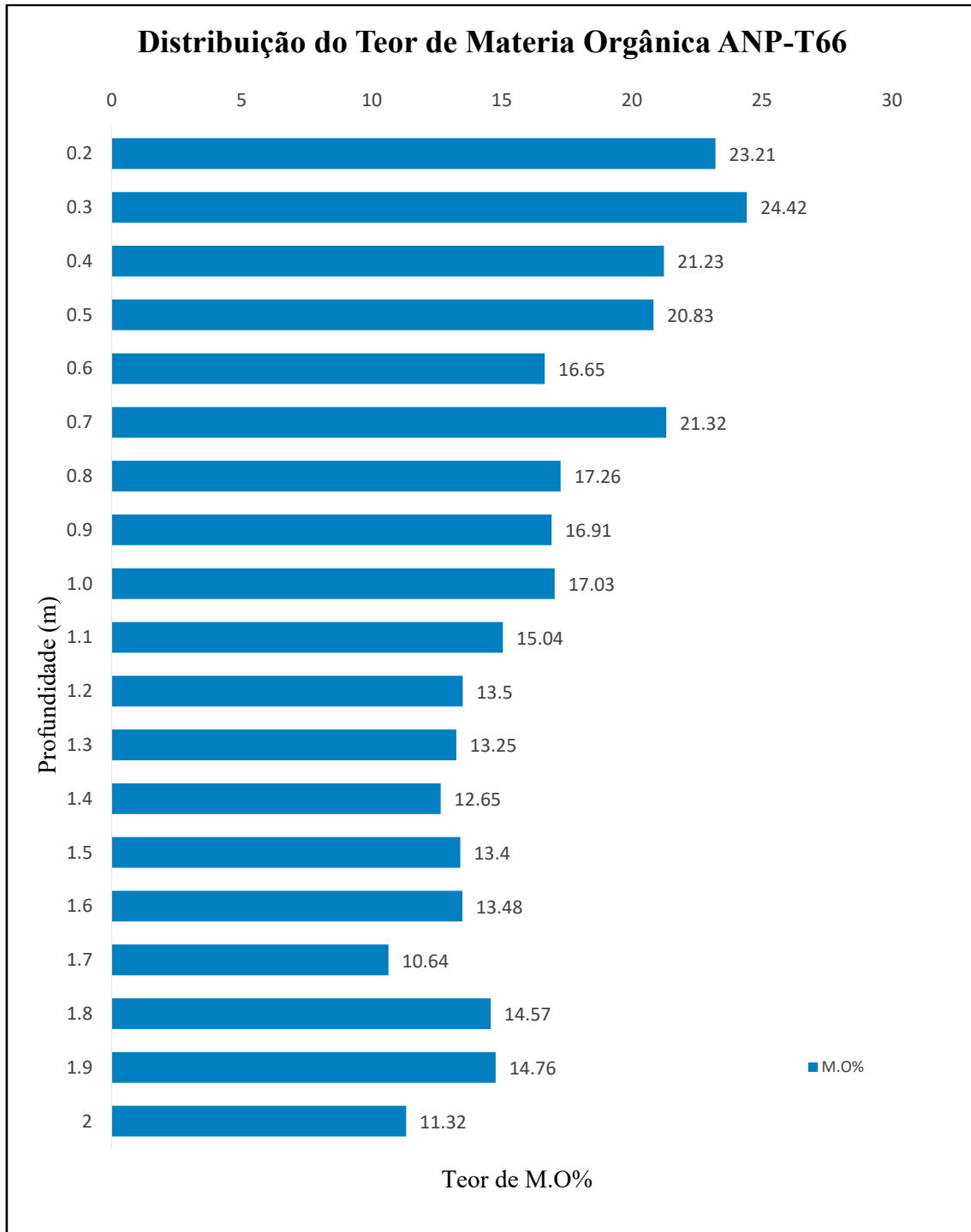


Figura 48- Teor de matéria orgânica do T66. Fonte: Autora.

### 6.3.2 Teor de M.O do T144

O T66 (fig.49) não apresentou um padrão consistente em relação ao teor de MO presente nos sedimentos. Apresentando os maiores teores de MO nas amostras da seções B e C, máxima de 24,95% a 1,6 m de profundidade e o menor valor foi encontrado na profundidade de 0,3 m com o valor de 8,36% na seção A.

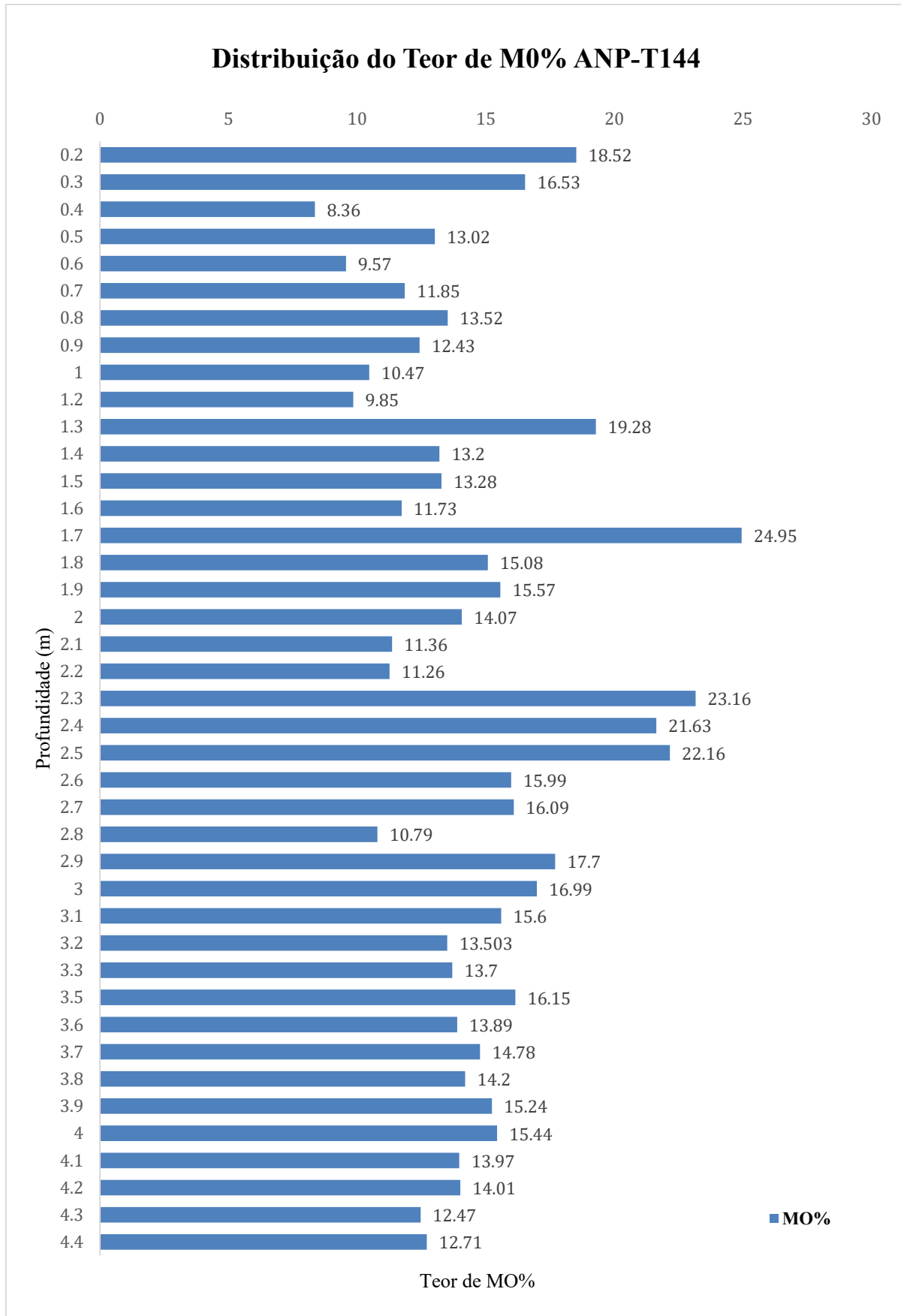


Figura 49- Teor de MO do T66. Fonte: Autora.

## 6.4 CARBONATO DE CÁLCIO

Os teores médios de  $\text{CaCO}_3$  no T66 e T144(fig.50) foram de 16,11% e 18,67%, respectivamente.

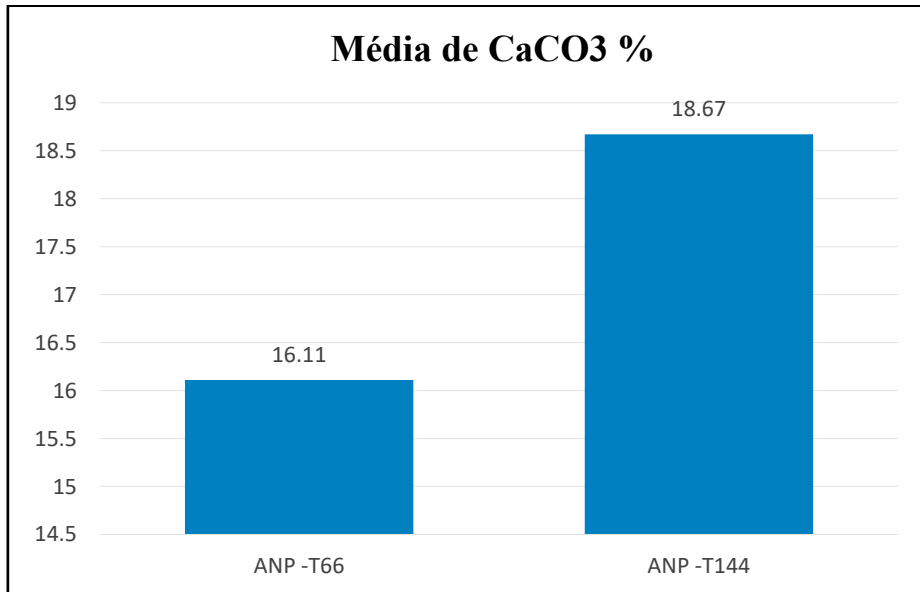


Figura 50- Médias totais de  $\text{CaCO}_3$  encontradas no T66 e T144. Fonte: Autora.

### 6.4.1 Teor de $\text{CaCO}_3$ do T66

O T66 (Fig.51) não apresentou um padrão bem definido do teor de  $\text{CaCO}_3$  presente nos sedimentos. Sendo o valor máximo de 23,8% em 0,3 m de profundidade. Enquanto que o valor mínimo foi de 14,41% em 1,5 m de profundidade.

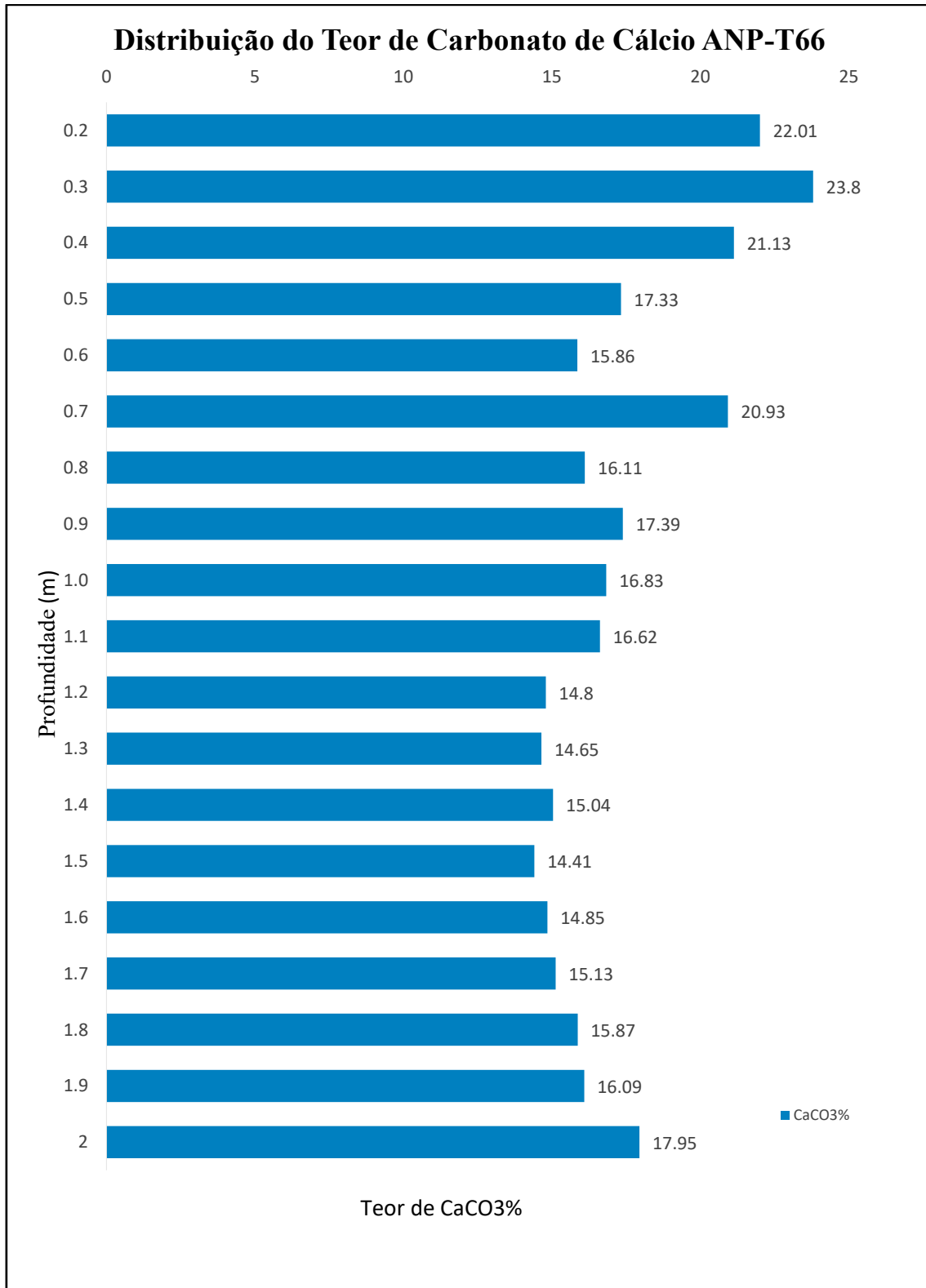


Figura 51-Teor em porcentagem de CaCO<sub>3</sub> do T66. Fonte: Autora.

#### 6.4.2 Teor de CaCO<sub>3</sub> do T144

O T144 (fig.52) tem um padrão praticamente crescente do teor de CaCO<sub>3</sub> presente nos sedimentos. Sendo o valor máximo de 25,33% em 0,2 m de profundidade.

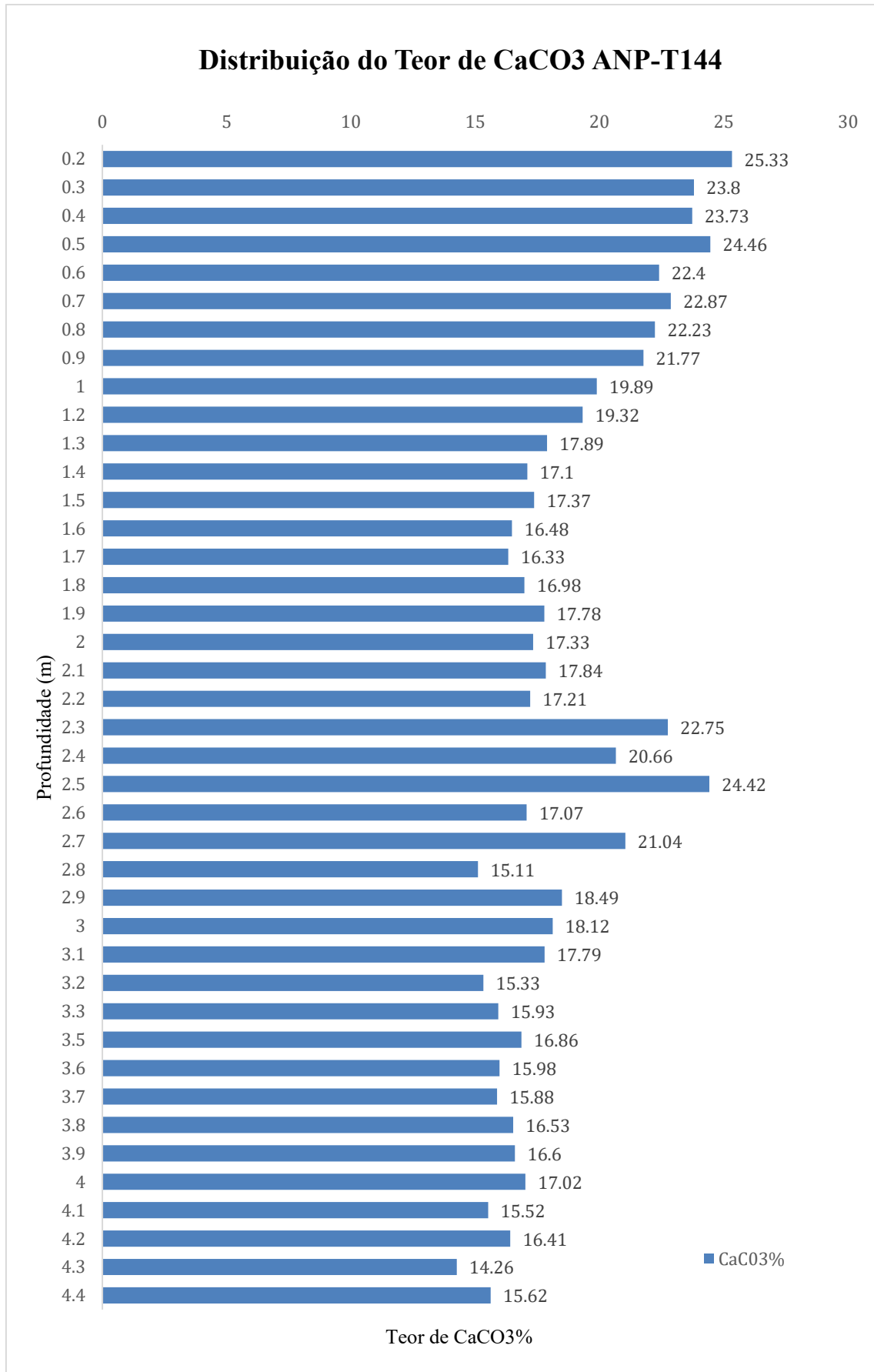


Figura 52- Teor em porcentagem de CaCO<sub>3</sub> do T144. Fonte: Autora.

### 6.4.3 Classificação de Larssonneur (1997) dos testemunhos

De acordo com a classificação de Larssonneur (1997) os sedimentos do T66 foram classificados em totalidade como litoclásticos do tipo lama lamosa (Tab.5). Os dois testemunhos também podendo ser denominados de sedimentos marinhos siliciclásticos (Vital *et al.* 2005). Já o do T144 foi classificado em totalidade como litoclásticos do tipo lama lamosa (Tab.6) e uma porção nos primeiros centímetros com valores maiores que 25% classificadas como Lamosa terrígena (LL1b).

Tabela 5 - Classificação do T66 de acordo com Larssonneur (1997).

Profundidade (m)	CaCO <sub>3</sub> (%)	Classificação
0,2 – 2,0	L < 25 % (LL1a) 10,64% - 24,42%	Sedimento Litoclástico CaCO <sub>3</sub> < 30 % Lama lamosa (LL1a)

Fonte: Autora.

Tabela 6 - Classificação do T144 de acordo com Larssonneur (1997).

Profundidade (m)	CaCO <sub>3</sub> (%)	Classificação
0,2 – 0,8	25% < L < 75 % 25,33% – 22,23%	Sedimento Litoclástico CaCO <sub>3</sub> < 30 % Lamosa terrígena (LL1b)
2,1 – 4,5	L < 25 % 14,26%- 24,42%	Sedimento Litoclástico CaCO <sub>3</sub> < 30 % Lama lamosa (LL1a)

Fonte: Autora.

## 6.5 INVESTIGAÇÃO PALINOLOGICA PRELIMINAR

Das 48 lâminas das 6 amostras palinológicas analisadas, apenas duas laminas foram consideradas estéreis em palinomorfos, sendo descartadas. Um total de 92 possíveis

palinomorfos foram identificados a partir das amostras férteis, possivelmente incluindo táxons angiospermas, gimnospermas, pteridófitas, licófitas, briófitas, fungos, algas, cistos de dinoflagelados (2) e principalmente palinoforaminíferos bentônicos. Sendo destacados 20 registros encontrados no T66 em uma profundidade de 2,1 m (Fig.54).

O número de lâminas foi padronizado como 6 lâmina boas por amostra, sendo cada uma das 3 amostras selecionadas de cada testemunho representando topo, meio e base. Essa padronização ocorreu visando estabelecer futuramente se possível uma relação quantitativa das amostras, pois o intuito é descobrir se esses bioindicadores estariam presentes nesses sedimentos de subsuperfície e se em determinada parte do testemunho pode apresentar uma variação, seja esta positiva ou negativa em algum extremo do testemunho.

A quantidade de pólen em cada lâmina varia entre 1 e 9, dependendo da quantidade de amostra presente e da localização do sedimento dentro da seção utilizada. Sendo o máximo de possíveis registros palinológicos encontrados em uma amostra no topo do T66 (1G02). No topo, provavelmente pela ocorrência de sedimentos mais recentes todas as lâminas continham pelo menos uma evidência polínica.

Nas amostras foram encontradas espécies semelhantes as ilustrações e descrições morfológicas das espécies de foraminíferos planctônicos recentes (Fig 54), distribuição latitudinal e vertical (profundidade na coluna d'água) (Petró 2018). Sendo comparado na Fig 53 possível polén encontrado nas com fotomicrografias de Stanski *et al.* (2016) das espécies medicinais de Asteraceae (*Achillea millefolium*). Não sendo possível neste estudo fazer uma real comparação a nível de espécies.



Figura 53 - Comparação de fotomicrografias e eletromicrografias dos grãos de pólen de espécies medicinais de Asteraceae (*Achillea millefolium*) Stanski *et al.* (2016) com amostra, do meio, encontrada nas amostras do T66. Fonte: Autora adaptado de Stanski *et al.* (2016).

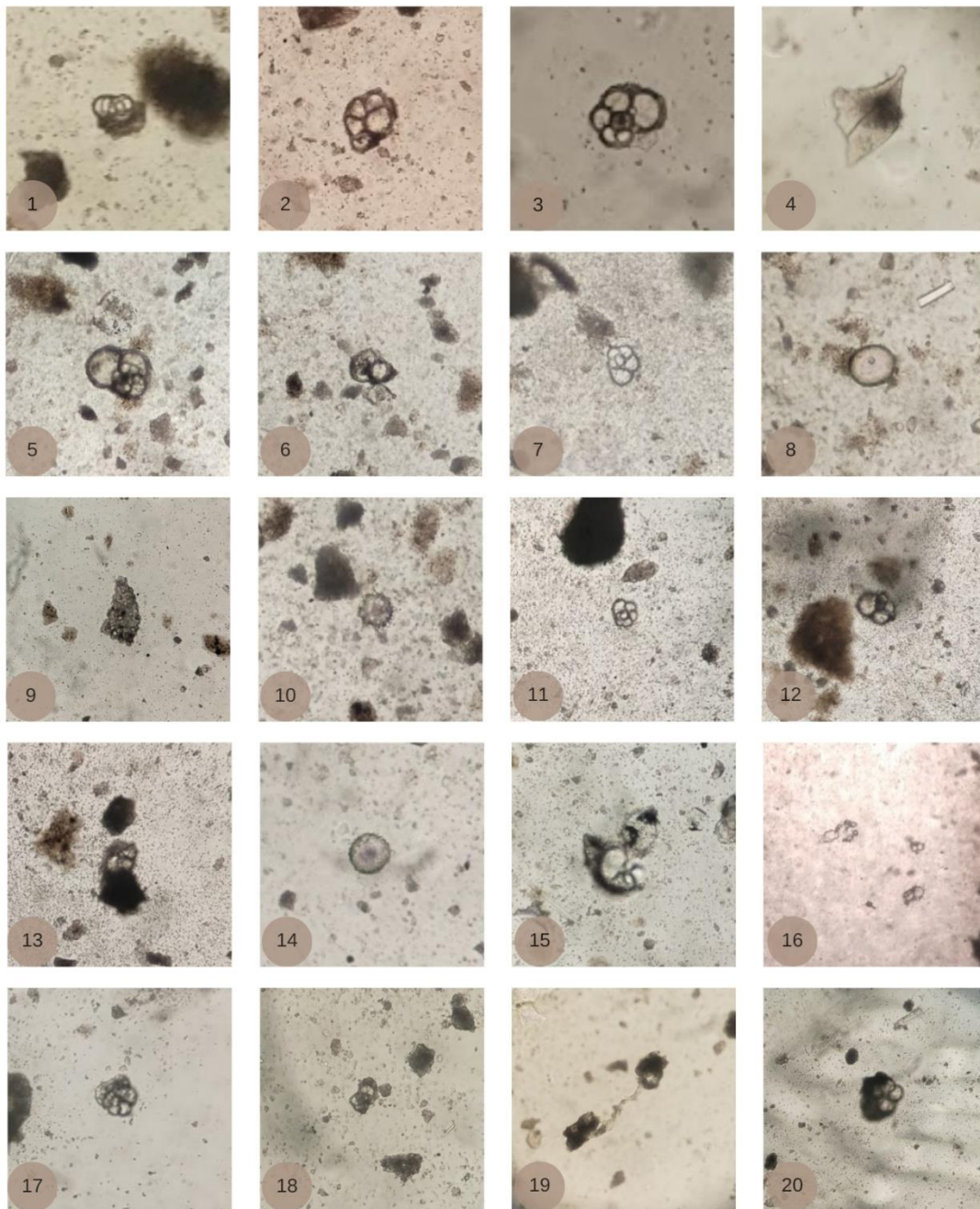


Figura 54- Esta malha destaca 20 registros encontrados na apenas no T66 na última amostra 1G20 (base), em 2,1 m de profundidade. Fonte: Autora.

Outra possibilidade de comparação para as amostras encontradas envolve as espécies *Beella megastoma* e *Berggrenia pumilio*, foraminíferos planctônicos atuais com distribuição em regiões tropicais. Essas espécies apresentam morfologia trocoespiral, com parede bilamelar e perfuração normal, além de testas arredondadas que variam quanto ao número de câmaras e à textura da superfície (Fig. 55) (Péto, 2018).

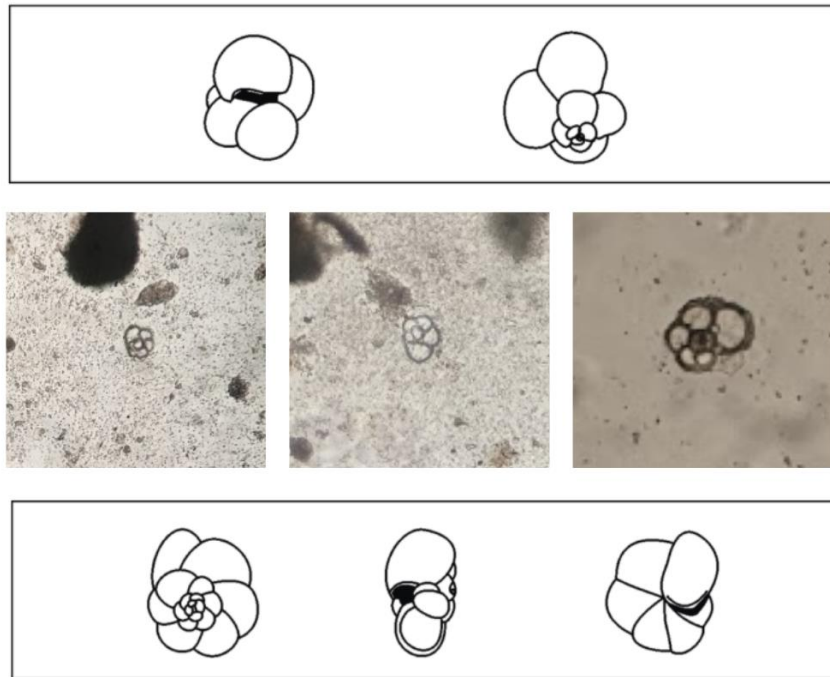


Figura 55- Comparação de amostras encontradas com espécies de foraminíferos planctônicos, sendo o de cima a *Beella megastoma* e o desenho esquemático de baixo a *Berggrenia pumilio*, Fonte: Autora adaptado de Péro (2018).

## 7 DISCUSSÃO

### 7.1 TEXTURA E GRANULOMETRIA

Em uma análise precisa sobre a estatística aplicada a sedimentologia, Ponçano (1986) afirmou que as curvas granulométricas são uma ótima referência para a descrição do ambiente, enquanto que a assimetria e curtose apresentaram qualidade regular a medíocres. Visando um melhor entendimento sobre os depósitos sedimentares e a dinâmica sedimentar que os originou do talude continental superior do Amazonas, é essencial determinar as propriedades textuais dos sedimentos e processos físicos que envolvem esses sedimentos.

Os principais parâmetros determinantes são tamanho, morfometria (arredondamento e esfericidade), ou seja, estudo da forma, densidade, a rugosidade da superfície das partículas e a granulometria dos sedimentos (Dias 2004). Suguio (1973) destaca ainda a textura superficial e composição mineralógica. Essa determinação da composição textural dos sedimentos é muito utilizada na descrição e interpretação das fácies sedimentares em ambientes marinhos. (Coutinho 2003). A composição ou análise textural dos sedimentos é a quantificação por classes granulométricas, isto é, dimensão das partículas quantificadas em grandes classes dimensionais. Portanto pode-se determinar que a distribuição granulométrica dos sedimentos é caracterizada pela textura original, ou seja, composição da área-fonte e pelos processos de transporte (rolamento, saltação e suspensão) e deposição pelo qual sedimento foi submetido (Dinnis & Castilho 2014, Ponçano 1986).

As análises sedimentológicas, com dados granulométricos e o diagrama de Shepard permitiram classificar os sedimentos do talude continental do Amazonas, como silte argiloso ou siltito, com fração dos grânulos menor que  $< 3\%$ . A média ou diâmetro médio ( $\emptyset$ ) é definida como tamanho médio das partículas (Jesus & Andrade 2013), na duas amostras a média obteve mais variações apenas nos primeiros 0,5 m, ou seja, houve pouca variação de classes granulométricas no testemunho, sendo estas com classes de 93 a 95% material siltoso.

Houve baixa concentração de areia e distribuição praticamente limitada do topo dos testemunhos, enquanto a distribuição da argila foi relativamente contante em todo o testemunho. A importância da proporção entre areia e lama é evidenciada durante o processo de deposição, que depende das características e capacidade de remobilização do fluxo responsável pelo processo. Essa pequena quantidade de areia é considerada normal e presente em todas as pesquisas sobre o talude continental superior, no entanto, a atuação de eventos de

tempestades são capazes de alterar temporariamente a energia do ambiente e favorecer a deposição momentânea de sedimentos mais grossos (Jesus & Andrade 2013).

No T144, houve as maiores porcentagens dos teores de areia, principalmente na seção A com valores mínimos de 5% e máximo 23,11%, sendo a variação granulométrica pode estar relacionada às correntes de gravidade e fluxos gravitacionais que carregam sedimentos da plataforma para o talude continental, através de correntes de turbidez, formando sequências de turbiditos, caracteriza pela mistura entre areia e silte/argila.

A classe com maior predominância sedimentar, geralmente indica as condições de energia hidrodinâmica durante o processo de deposição sedimentar e fornecer dados para uma descrição mais precisa dos sedimentos (Suguio 2003). A classificação do diagrama de Pejrup (1988), indica um ambiente de hidrodinâmica muito alto (IV) com predominância de silte grosso (tamanho  $>0,031$  e  $<0,062$  mm), de acordo com a classificação de Wentworth (1922), confirmada pela assimetria com alguns pontos negativos, indicando remoção no ambiente deposicional.

Os parâmetros estatísticos (diâmetro médio, grau de seleção, assimetria e curtose) refletem os processos de transporte e deposição pelo qual os sedimentos passaram, como deposição seletiva, abrasão, remoção seletiva e mistura de sedimentos, representando uma importante ferramenta para a determinação de possíveis áreas de fonte do sedimento, deposição e fontes dos sedimentos (Gao & Collins 1994; Fredman (1967). Existe uma correlação bem definida entre desvio- padrão e grão de seleção (Folk & Ward 1957) a qual deve ser estendida para a interpretação dos valores de assimetria e curtose (Ponçano 1986).

O grau de seleção é relacionado ao retrabalhamento de depósitos relictos marinhos ou locais, refletindo condições prévias a deposição, sendo interpretado como um parâmetro estatístico que influencia nas condições do fluxo (velocidade e turbulência) no ambiente deposicional obtido através do desvio padrão (Ponçano 1986) e descreve o selecionamento do pacote sedimentar em relação ao seu transporte e deposição (Folk & Ward 1957). Portanto, é correto afirmar que esse parâmetro depende consideravelmente do modo de transporte dos sedimentos (Suguio 1973). A classificação textural, segundo Folk e Ward (1957), indicou a predominância de sedimentos bem a moderadamente selecionados, quanto ao grau de seleção .

Através da curva senoidal, uma relação entre granulometria e grau de seleção, pode-se estabelecer que onde o sedimento é bimodal o grau de seleção irá corresponder a sedimentos

mais pobres quando comparados com sedimentos unimodais (Suguio 1973). Sedimentos com menor granulometria, sendo portanto, bem selecionados podem indicar ambiente de sedimentação estável, com baixo regime de fluxo fluvial (Nizoli & Luiz-Silva 2009).

O grau de assimetria é matematicamente representado pelo afastamento do diâmetro médio da mediana (Suguio 1973). Os resultados de assimetria são considerados reprodutíveis e extremamente sensíveis ao ambiente, assimetria negativa pode indicar remoção seletiva (*winnowing*) contínua no ambiente, como características em praias, zonas litorâneas e canais de maré, enquanto que, assimetria positiva caracteriza zonas com predominância de deposição, como por exemplos lagunas e dunas de deposição eólica (Duane 1964, Ponçano 1986). Em ambos os testemunhos predominou-se a assimetria aproximadamente simétrica. Em 3 amostras do T66 e em uma seção inteira do testemunho T144 (Seção A) a assimetria foi negativa e muito negativa, podendo indicar deposição em ambiente de energia intermediária, com possíveis misturas das frações mais finas e grossas (Barros 2014, Duane 1964), tendo em vista que a assimetria negativa indica enriquecimento em partículas grosseiras e tendência a uma remoção seletiva de sedimentos do ambiente.

Valores extremos de curtose indicam que os sedimentos preservam características de uma fase prévia, no qual o meio foi mais eficiente em promover a seleção do que o meio em que veio a ser depositado (Ponçano 1986). A curtose é um dado estatístico relacionado ao nível de energia do ambiente deposicional (Alves 2001) é o mede especificamente “peso” dos extremos da curva. A curtose é definida como o grau de achatamento de uma curva em relação à curva representativa de uma distribuição normal (Jesus & Andrade 2013). O T66 apresentou curtose predominantemente Platicúrtica com variação de 1,2 a 0,73 apenas nos primeiros 0,5 m do testemunho, com três amostras classificadas como Leptocúrtica, e o restante constante em Platicúrtica. Enquanto o T144 teve quase todas as amostras da Seção A como Leptocúrtica e todas as amostras da Seção D como Platicúrtica e variação de curtose no testemunho. A distribuição leptocúrtica é a que possui maiores valores de curtose, no qual as caudas dessas distribuições são mais “pesadas”, ou espessas, representadas graficamente como picos finos.

A base de Pearson introduziu a curtose como uma medida do “achatamento” de uma distribuição em relação à normal. Distribuições com caudas mais alongadas são chamadas de leptocúrticas, enquanto aquelas mais achatadas são denominadas platicúrticas. Já as distribuições normais são classificadas como mesocúrticas. É importante lembrar que a curtose está relacionada às caudas da distribuição (Liang *et al.* 2008).

A variação dos valores de curtose, com pontos muito altos ou muito baixos podem sugerir que um tipo de material foi transportado de uma determinada área-fonte e depositado sem perder suas características original (Jesus & Andrade 2013) . As amostras platicúrtica dos testemunhos podem indicar que existe um espalhamento de sedimentos mais finos e mais grossos nas caudas, indicando mistura de diferentes sub-populações enquanto a ausência do espalhamento de sedimentos nas curvas leptocúrticas indica sedimentos bem selecionados na parte central da distribuição (Jesus & Andrade 2013). Os sedimentos com curtose leptocúrticas, podem indicar área fonte como ambientes praias e os sedimentos de origem eólicos são indicados pela curtose mesocúrticas (Martins, 1965). A curtose platicúrtica relaciona-se com sedimentos bimodais ou polimodais, podendo indicar a ambientes menos energéticos, no qual houve relativa mistura de frações mais grossas e finas (Barros 2014, Suguio 1973). Diante disso pode-se sugerir que o T144 de ambiente de alta energia em relação ao T66, que está mais relacionado a ambientes menos energéticos. Deve-se observar que muitas vezes os dados de curtose são mais interpretados por isso deve-se ter o cuidado de relaciona-lo com outros parâmetros estatísticos antes de qualquer afirmação mais concisa.

A estratigrafia rasa da bacia Foz do rio Amazonas está definida na última fase deposicional (Figueiredo 2007), um processos mais modernos atuantes principalmente no talude continental superior, no qual mostra sequências sedimentares, embora semelhantes com relação a origem, através de sistemas fluviais, depósitos fluvio- deltaicos e estruturas formadas por carbonatos terrígenos (Brandão & Feijó 1994). Dias (2015) reconhece que as correntes de fundo como importantes agentes nos processos de transporte e sedimentação em mar profundo a sedimentação de oceano profundo é dominada pelos sedimentos de granulometria mais fina (Press *et al.* 2006), como os dos testemunhos analisados.

Mesmo que as amostras analisadas são oriundas de ambientes marinhos (possível), há nem que seja uma pequena influência dos rios da região. Uma das possíveis fontes dos sedimentos do talude continental superior seria fluvial, rios Amazonas, Pará e Xingu (Dias 2023).

O rio Xingu é um importante tributário do Rio Amazonas, no entanto, sua contribuição de carga sedimentar é bem menor, pois ao longo do tempo houve redução na entradas de sedimentos oriundos do Xingu, possivelmente como resultado de diminuição no fluxo impulsionado pela maré do Rio Amazonas para o Rio Xingu (Silva *et al.* 2021).

## 7.2 MATÉRIA ORGÂNICA

Segundo Albert & Hoorn (2018), as origens do Rio Amazonas estão ligadas às paisagens de inundação da América do Sul tropical, compostas por lagos, pântanos e florestas inundáveis, essas paisagens fluviais evoluíram sob a influência de processos geológicos e climáticos em escala de milhões. Tais processo influenciaram a sedimentação da MO e dos sedimentos transportados pelos rios.

A produção de fitoplâncton é a maior fonte de MO particulado que afunda no fundo do mar, no qual a produção primária varia com a sazonalidade (Rodil *et al.* 2020). A MO é transportada tanto através dos corpos fluviais quanto incorporadas a sedimentos finos no processo de transporte no oceano. É correto afirmar que os maiores teores de MO ocorrem próximos a costa, sobre influencia terrígena, oriundos da descarga fluvial e erosão costeira, diminuindo o teor de MO em direção ao talude continental (Souza 2010, Bell *et al.* 2016).

As substâncias húmicas representam o maior reservatório de MO em sistemas naturais, estando condicionadas ao balanço de perdas e ganhos das reações de oxi-redução no ambiente, pois a maioria da MO presente em solo, água e sedimentos ocorre na forma de substâncias húmicas (Baldotto *et al.* 2013).

O conteúdo de MO do T66 teve média de 16,39% e o maior valor com 24,42% em 0,3 m de profundidade e o menor de 10,64% a 1,7 m. Enquanto o T144, ponto mais distante do continente, teve média de 14,73%, com máxima de 24,95% a 1,6 m de profundidade e mínima de 8,36% nos primeiros 0,3 m. Em relação à média o T66 apresentou maior teor de MO, porém o T144 teve o maior valor isolado de MO encontrado em todas as amostras.

Esse resultado quando comparados a outros estudos no talude continental superior do Amazonas, apresentou médias um pouco maiores, mas dentro da normalidade esperada para a região, no qual Vasconcelos (2018) obteve média de 6,52% e máxima isolada de 33,3% e Prazeres (2018) com média de 7,30 e máxima de 19,28%.

O talude continental da região norte está sujeito a episódios de mega deslizamentos. Esses megadeslizamentos (*megaslides*) consistem em dois conjuntos de massas alóctones empilhadas dentro do registro sedimentar do Mioceno Superior-Quaternário, capazes de mobilizar séries sedimentares de até quilômetros de espessura, formando massas alóctones com direções de fluxo distintas (Reis *et al.* 2016). Esse fenômeno comum na região capaz de aumentar a

quantidade de MO em sedimentos longe da costa, justificando a maior quantidade encontrada neste estudo.

Segundo Araújo *et al.* (2009), na parte SE da Bacia da Foz do Amazonas em direção a Bacia Pará-Maranhã foi mapeada a ocorrência de deslizamentos de massa, entre 700-5.000 m, com espessuras de 300 a 700 m enquanto na Bacia P-M possui até 1.000 m de espessura. Atualmente, são classificados como Complexos de Transporte de Massa (MTCs) e denominados Complexo de Megaslides do Amapá (AMC) e Complexo de Megaslides do Pará-Maranhão (PMMC) (Reis *et al.* 2016).

### 7.3 CARBONATO DE CÁLCIO

Os sedimentos do talude continental são compostos por materiais mistos, que desempenham um papel fundamental na troca de nutrientes, MO e carbono orgânico entre o fundo do mar e a coluna d'água sobrejacente (Song *et al.* 2022). Estudos recentes demonstram a resiliência das florestas amazônicas porém ações antrópicas e naturais, como desmatamento, fogo e seca podem leva a perdas de armazenamento de carbono e mudanças nos padrões regionais de precipitação e vazão do rio (Davison *et al.* 2012).

Devido ao seu imenso volume de água, o Rio Amazonas transporta a maior quantidade de Carbono Orgânico Total (COT) entre todos os rios do mundo. A interação do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) atmosférico com a água dá origem ao ácido carbônico, que, por sua vez, reage gradualmente com o cálcio e o magnésio presentes na crosta terrestre, resultando na formação de carbonatos (Song *et al.* 2022). Dessa forma, o ciclo do  $\text{CaCO}_3$  desempenha um papel essencial na dinâmica entre a atmosfera e os oceanos.

Em todos os ambientes marinhos, o teor de  $\text{CaCO}_3$  nos sedimentos é dependente de processos físico-químicos e oceanográficos como a profundidade, salinidade, temperatura, visibilidade de luz e pressão de  $\text{CO}_2$ , pH (Braga *et al.* 2023, Boudreau *et al.* 2020). Reforçado por Braga *et al.* (2023), que afirmam que sistemas estuarinos, e regiões próximas como ocorre nesta área de estudo as variações das propriedades hidrológicas e hidroquímicas são maiores e mais complexas que em sistemas oceânicos por causa de processos biogeoquímicos nas interfaces entre água doce, os processos de mistura e as estratificações, as interações físicas,

químicas e biológicas. Ainda, análises geoquímicas, o  $\text{CaCO}_3$  desempenha um papel fundamental por integrarem o ciclo biogeoquímico do carbono.

Os sedimentos predominantes na Plataforma Continental do Amazonas apresentam um teor de  $\text{CaCO}_3$  inferior a 30%, e a concentração de  $\text{CaCO}_3$  aumenta significativamente à medida que se aproxima da quebra do Talude Continental do Amazonas (Milliman *et al.* 1979). Segundo Souza (2010) próximo a quebra do talude continental da Amazonas, o teor da  $\text{CaCO}_3$  pode aumentar consideravelmente, essas manchas com alto teor em  $\text{CaCO}_3$  ocorrem devido a presença de algas coralinas, briozoários e crustáceos, no talude desta região os teores de  $\text{CaCO}_3$  também estão associados a ocorrência de foraminíferos bentônicos desde plataforma continental externa (Boudreau *et al.* 2020, Souza 2010).

Em relação ao teor de  $\text{CaCO}_3$ , o resultados dos testemunhos foi satisfatório e manteve-se no padrão esperado, inferior a 30% para a o talude continental, no qual espera-se maiores teores no topo dos testemunhos e mais próximos ao talude continental. Quando comparados os sedimentos dos dois testemunhos, observou-se no T66, o valor de  $\text{CaCO}_3$  com máximo de 23,8% em 0,3m de profundidade, min de 14,41% em 1,5m com média de 17,2% enquanto o T144 apresentou máxima de 25,33% no topo do testemunho, com 0,2 m de profundidade e mínima de 14,26% em 4,3 m com média de aproximadamente 18,67% ambos classificados como sedimentos litoclásticos compostos de lama terrígena (LL1a e LL1b).

Os menores valores de  $\text{CaCO}_3$  no T66, essa ocorrência pode estar associado a sua proximidade da linha de costa. Segundo Almeida (2014), essa região é considerada de alta energia, possivelmente influenciada por correntes de turbidez que transportam sedimentos siliciclásticos, processo que torna o ambiente menos favorável à formação e preservação de sedimentos bioclásticos, devido à maior dificuldade na precipitação dos íons de  $\text{CaCO}_3$  na área. A quantidade de  $\text{CaCO}_3$  em sedimentos é inversamente proporcional ao conteúdo em carbono de origem continental.

Portanto, é correto afirmar que no talude continental do Amazonas ocorre a mistura de sedimentos autóctones (origem marinha) e sedimentos alóctones, transportados pelas correntes de turbidez com possível origem continental. Uma hipótese proposta por Vasconcelos (2018), é que no talude continental do Amazonas além da misturas de camadas de sedimentos, a quantidade  $\text{CaCO}_3$  disponível no sedimento pode estar relacionada com oscilações de maré, que deslocam sedimentos bioclásticos da plataforma até o talude continental.

#### 7.4 INVESTIGAÇÃO PRELIMINAR DE POLÉNS NO TALUDE DO AMAZONAS

Os estudos de ocorrências de palinologia servem para uma compreensão mais aprofundada dos climas passados da Amazônia, arquivos ambientais, como núcleos de sedimentos marinhos, desempenham um papel fundamental, neste estudo, o objetivo é identificar sedimentos do talude continental do Amazonas, com possíveis amostras férteis para estudos paleológicos. Outro dado importante na reconstrução de ambientes do passado é a MO, pois a MO terrestre transportada pelos rios e depositada no ambiente marinho, pode fornecer informações valiosas sobre o clima continental e a evolução da vegetação. No entanto, o conhecimento sobre as fontes e o transporte de certas vegetais no Rio Amazonas e seus principais afluentes ainda é limitado às nascentes andinas (Häggi *et al.* 2016).

Para estudos paleoambientais baseados em proxies de biomarcadores terrígenos, obtidos a partir de núcleos de sedimentos coletados próximos à foz de grandes sistemas fluviais, requerem uma compreensão detalhada dos processos que controlam a origem, o transporte e a deposição desses biomarcadores (Soares 2015). A redução abrupta no número de indivíduos como palinoforaminíferos bentônicos ao longo da profundidade provavelmente se deve à dissolução dos organismos, um fenômeno comum em grupos de organismos calcários em condições similares (Petri 2001). Esse fator indica que a profundidade de compensação do  $\text{CaCO}_3$  pode ter se elevado. Como todas as amostras analisadas neste estudo são recentes e com poucos metros de profundidade levando em consideração a extensão do talude continental, foi observado o registro de possíveis palinoforaminíferos planctônicos nos testemunhos T66 e T144.

Essa ocorrência é confirmada pela metodologia utilizada que é similar ao método de Palinologia do Quaternário, o este método estabelecido por Ybert (1992) modificado por Kuhn (2017), no qual a adição de ácido clorídrico (HCl a 32%), normalmente utilizado para eliminar o material carbonático e alguns microorganismos indesejáveis deixando a amostra mais limpa (Oliveira *et al.* 2003), não foi adicionada em proporções suficientes para a total eliminação da fração carbonática (nanofósseis, microforaminíferos e ostracodes), contribuindo para uma visualização mais limpa desses organismos.

Em estudos de Soares (2015) na região da Bacia da Foz do Rio Amazonas, mais próximo ao continente, a palinoflora recuperada de cinco amostras analisadas é composta exclusivamente por palinomorfos de origem continental, com predomínio de espécies afins

às angiospermas, assim como a presença de esporos triletes, enquanto os grãos de pólen gimnospérmicos são componentes menores na associação. A presença das espécies *Psilastephanoporites tesseroporus*, *Syncolporites poricostatus*, *Jandufouria seamrogiformis* e *Polypodiaceoisporites potoniei* assegura que esses depósitos se enquadram em duas palinozonas ( Mioceno médio), primeiro na de *Grimsdalea magnaclavata*, definida por Regali *et al.* (1974) e nas palinozonas *Grimsdalea magnaclavata /Crassoretitriletes vanraadshooveni* de Jaramillo *et al.* (2011).

Os depósitos miocenos que afloram na área central da Bacia do Amazonas foram descritos em termos sedimentológicos e analisados palinologicamente por Soares (2015), com amostras da da Formação Novo Remanso, com paleovegetação dominante no momento da deposição dessa formação composta por florestas de palmeiras (*Mauritiidites*), florestas de várzea (*Bombacacidites*, *Perisyncolporites*) e componentes aquáticos (*Deltoidospora*, *Botryococcus*, *Chomotriletes*) em condições climáticas quentes e úmidas e neste estudo não foram grãos de pólen típicos de plantas de mangue (por exemplo, *Rhizophora*, *Avicennia*) que era uma das hipóteses formuladas durante o desenvolvimento desta pesquisa.

## 7.5 FONTE DOS SEDIMENTOS DO TALUDE CONTINENTAL DO AMAZONAS

Segundo Souza (2010), os dados geoquímicos associam a composição granulométrica são os parâmetros mais usados na classificação de sedimentos marinhos. Neste estudo, foi constatado que os sedimentos do talude continental do Amazonas podem ter duas possíveis origens: fontes externas e fontes internas. As fontes externas derivam principalmente da desintegração de rochas terrígenas por processos de intemperismo químico e mecânico, sendo transportadas para o oceano por agentes como rios, vento e ação do gelo. Dentre esses, os rios são os principais responsáveis pelo aporte sedimentar ao oceano (Seguiu 2003). Os sedimentos mais grosseiros, como cascalhos e areias, tendem a permanecer na região costeira, enquanto as partículas mais finas podem ser redistribuídas por correntes de turbidez (Almeida 2014). Essa fácies lamosa presente nas amostras é composta por sedimentos finos oriundos do Rio Amazonas (Souza 2010) e seus tributários, que exerce grande influência nesta área de estudo.

As correntes desempenham um papel fundamental no transporte de grandes volumes de sedimentos clásticos, deslocando-os por dezenas a centenas de km até o talude continental, onde a Corrente Norte do Brasil (CNB) é fundamental no transporte de sedimentos ao longo do talude continental, principalmente os provenientes da pluma do Rio Amazonas fator que é comprovado pela sua velocidade de até 100 cm/s, com uma largura entre 100 e 200 km e profundidade de até 500 m (Giordani *et al.* 2024).

Além das fontes externas, há também as fontes internas, que incluem sedimentos originados pela atividade biológica de organismos marinhos, além da precipitação geoquímica e bioquímica de compostos sólidos. A predominância de lama terrígena e os baixos valores de carbonato na região indicam um ambiente fortemente influenciado pelo aporte de siliciclásticos, oriundos tanto da Bacia do Amazonas quanto dos rios adjacentes. A granulometria e os teores elevados de matéria orgânica sugerem que os sedimentos resultam de uma combinação de material alóctone, oriundo de rios e ventos, e material autóctone, produzido *in situ* no ambiente marinho

## 8 CONCLUSÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo permitiram a caracterização sedimentológica e palinológica preliminar do talude continental superior do Amazonas. Os testemunhos T66 e T144 apresentaram predominância de sedimentos lamosos, compostos principalmente por silte grosso, bem selecionados, com assimetria próxima da simetria e curtose platicúrtica. Foi constatado que a seção sedimentar estudada é composta por sedimentos predominantemente siliciclásticos, pois o teor de  $\text{CaCO}_3$  foi menor de 30%. No qual no talude continental há uma diversidade de sedimentos tanto de origem autóctones quando alóctones, estes se misturam devido a diversos processos principalmente as correntes de turbidez. Sendo nesta região a Corrente Norte do Brasil (CNB) a principal responsável pelo transporte de sedimentos ao longo do talude, em especial os oriundos da pluma do Rio Amazonas. A investigação palinológica preliminar confirmou a presença de palinomorfos, evidenciando a fertilidade das amostras, a região apresenta possíveis ocorrências de grãos de pólen e microfósseis, e foraminíferos bentônicos. Em relação aos teores de  $\text{CaCO}_3$  e MO, as amostras apresentaram valores altos e dentro do esperado para a região, sendo os valores de  $\text{CaCO}_3$  dos testemunhos T66 e T144, respectivamente 16,11% e 18,67%, e uma média de de MO 16,39 e 14,73. No qual os menores valores da média de  $\text{CaCO}_3$  encontrados no T66, tem possível ocorrência associada à sua proximidade da linha de costa, com alta energia, possivelmente influenciada por correntes de turbidez que transportam sedimentos siliciclásticos para o talude continental e conseqüentemente tornando o ambiente menos favorável aos sedimentos bioclásticos. A granulometria e os teores elevados de matéria orgânica sugerem que os sedimentos resultam de uma combinação de material alóctone, oriundo de rios e ventos, e material autóctone, produzido in situ no ambiente marinho.

## REFERÊNCIAS

- Aguiar A.L., Marta-Almeida M., Cruz L.O., Pereira J., Cirano M. 2022. Forcing mechanisms of the circulation on the Brazilian equatorial Shelf. *Continental Shelf Research*, [S. l.], **247**: 104811. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csr.2022.104811> . Acesso em: 25 set. 2024.
- Albert J. S., Val P., Hoorn C. 2018. *The changing course of the Amazon River in the Neogene: center stage for Neotropical diversification*. *Neotropical Ichthyology*, **16**(3). doi:10.1590/1982-0224-20180033.
- Almeida N.M.D. 2014. *Caracterização e análise do talude continental adjacente à bacia potiguar, NE Brasil*. MS Dissertation, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 110 p. <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/18841>
- Amaral Cab. 1979. *Recursos minerais da margem Continental Brasileira e das áreas Oceanicas adjacentes*. Projeto REMAC. v.10. Rio de Janeiro, Petrobras. 112 p.
- Baldotto M. A., Gobo A. A. R., Salomão M. S. M. de B., Rezende C. E., Camargo P. B. de. 2013. Frações da matéria orgânica e propriedades redox de substâncias húmicas em sedimentos de oceanos profundos. *Química Nova*, **36**(9): 1288–1295. doi:10.1590/s0100-40422013000900003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/kH88k3BNqnzCwPKfmmg8H5S/> .
- Baptista Neto J. A., Ponzi V. R. A., Sichel, S. E. 2004. *Introdução à geologia marinha*. Editora Interciência, 279p.
- Baptista Neto J. A. & Silva C. G. 2004. Morfológica dos oceanos. In: BaptistaNeto J.A., Ponzi V.R.A., Sichel S.E. (orgs.). *Introdução à geologia marinha*. Ed. Interciência, Rio de Janeiro, pp. 31-52.
- Baptista R.J., Ferraz A.E., Mendes J.M.C., Sombra, C.L., Santos Neto Eugenio V., Carvalho M., Peluso B., Ferrari A.L., Gamboa L.A.P. 2022. Petróleo e gás nas bacias da margem Continental Brasileira. In: Mello S. L. M., Calliari L. J., Horn Filho N. O., Correa I. C. S.; Dias M. S. (orgs.). *Recursos minerais marinhos*. Rio de Janeiro, Sbgf, Pggm.
- Barreto L.A. 1974. *Missão no exterior: relatório de atividade e relatório técnico*. Projeto REMAC. CPRM. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/jspui/handle/doc/18213>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- Beardsley Robert C., Candela Julio, Limeburner Richard, Geyer W. Rockwell Lentz, Steven J., Castro Belmiro M., Cacchione David, Carneiro Nelson. 1995 The m2tide on the Amazon shelf. *Journal of Geophysical Research*, [S. l.], **100** (C2): 2283. DOI: <https://doi.org/10.1029/94jc01688>. Acesso em: 26 jul. 2024. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/94JC01688>
- Bell E., Bluhm B. A., Iken K. 2016. Influence of terrestrial organic matter in marine food webs of the Beaufort Sea shelf and slope. *Marine Ecology Progress Series*, **550**: 1-24. <https://doi.org/10.3354/meps11725>

- Bittencourt S. C., Zacardi D. M., Souza S. P.de, Nakayama L., Belúcio L. F. 2007. Composição e distribuição de larvas de peixes na zona neustônica da costa do Amapá (REVIZEE/SCORE NORTE-OP. NORTE II E III). *Tropical Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, (*Boletim Técnico Científico do Cepnor*), **7**(1): 41-54.
- Boudreau B. P., Sulpis O., Mucci A. 2020. Control of CaCO<sub>3</sub> dissolution at the deep seafloor and its consequences. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **268**: 90-106. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2019.09.037>.
- Caddah L.F.G. 1991. Análise sedimentológica de testemunhos a pistão do talude quaternário da bacia de Campos. Macaé, Petrobras. *Comunicação Técnica SELAB*. Disponível em: <https://www.redebraspor.org/livros/2017/Braspor%202017%20-%20Artigo%2021.pdf>. Acesso em: 13 de maio de 2023.
- Calliari L.J. 2015. Sedimentação marinha. In: Castello J.P. & Krug L.C. (ed.). *Introdução às ciências do mar*. Pelotas, p. 74-97.
- Campos A. 2022. Audiência pública, em Brasília, discute exploração de petróleo na Margem Equatorial Brasileira. *Byimprensa Imprensa*, Disponível em: <https://sindipetrocaxias.org.br/audiencia-publica-em-brasilia-discute-exploracao-de-petroleo-na-margem-equatorial-brasileira/>. Acesso em: 15 mar. 2025.
- Castello J.P. & Krug L.C. (ed.). 2015. *Introdução às ciências do mar*. Brasil, Pelotas.
- Cintra I. H. A., Silva K. C. A., Ramos-Porto M., Viana G. F. S. 2003. Siris capturados durante pescarias experimentais para o Programa REVIZEE/Norte (Crustacea, Brachyura, Portunidae). *Boletim Técnico Científico CEPNOR*, **3**(1): 53-75.
- Corrêa I.C.S. & Weschenfelder J. 2015. Fisiografia do fundo oceânico. In: Castello J.P. & Krug L.C. (ed.). *Introdução às ciências do mar*. Pelotas, p. 44-57.
- Coutinho P. N. 2005. *Levantamento do estado da arte da pesquisa dos recursos vivos marinhos*. *Oceanografia geológica*. Programa Revizee. Brasília, DF, FEMAR/SECIRM.
- Davidson E. A. *et al.* 2012. The Amazon basin in transition. *Nature*, **481**(7381): 321–328. doi:10.1038/nature10717.
- Dias J.A.A. 2004. *A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos: uma introdução à oceanografia geológica*. Santa Catarina, Universidade do Algarve, Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: [http://w3.ualg.pt/jdias/JAD/eb\\_Sediment.html](http://w3.ualg.pt/jdias/JAD/eb_Sediment.html). Acesso em: 10 jun. 2023.
- Dias J.C. & Lima W.N. 2004. Comparação de métodos para a determinação de matéria orgânica em amostras ambientais. *Revista científica da UFPA*, **4**. Disponível em: [https://silo.tips/queue/comparacao-de-metodos-para-a-determinacao-de-materia-organica-em-amostras-ambientais?&queue\\_id=-1&v=1683998961&u=MjgwNDoxNGM6NTk4Yjo4M2E5OjIxZTZQ6ZGMxNDpmNjlmOmU4MGI=](https://silo.tips/queue/comparacao-de-metodos-para-a-determinacao-de-materia-organica-em-amostras-ambientais?&queue_id=-1&v=1683998961&u=MjgwNDoxNGM6NTk4Yjo4M2E5OjIxZTZQ6ZGMxNDpmNjlmOmU4MGI=). Acesso em: 13 de maio de 2023.
- Dias L.C., Fernandes L.L., Lira B.R.P., Ishihara J.H., Pessoa F.C.L., Sales L.G. de L. 2023. Análise da tendência de séries históricas de vazão na bacia hidrográfica do rio Amazonas. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, Desarrollo y Práctica*. **16**: 154–175, 1 abr.

DOI:<https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2023.16.1.82116>. Disponível em <https://revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/82116>

Durán R. & Guillén J. 2018. Continental shelf landforms. *In: Micallef A., Krastel S., Savini A. (eds). Submarine geomorphology*. Cham, Springer. Springer Geology). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-57852-1\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-57852-1_11).

Figueiredo J., Picanço J., Zalán P.V., Soares E.F. 2007. Bacia da Foz do Amazonas. *B. Geociencia Petrobras*, 15:299-309.

Fisher W. L., Galloway W. E., Steel R. J., Olariu C., Kerans C., Mohrig D. 2021. Deep-water depositional systems supplied by shelf-incising submarine canyons: Recognition and significance in the geologic record. *Earth-Science Reviews*, **214**: 103531. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103531>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0012825221000301?via%3Dihub>.

Folk R.L. 1954. The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. *Journal of Geology*, Estados Unidos da América, **62** (4):344-359

Folk R. L. & Ward W. C. 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, **27** (1): 3-27.

Freitas A.G., Carvalho M.A., Santos A.S., Mendonça-Filho J.G. 2004. *Inferências paleoclimáticas com base em palinórfos continentais de sedimentos quaternários do talude continental brasileiro da Bacia de Campos*. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/286459588> Acesso em: 16 mar. 2025.

Freitas A.G. 2005. Reconstrução paleoclimática com base na análise de palinórfos continentais em sedimentos pleistocênicos-holocênicos do talude continental brasileiro da Bacia de Campos, RJ. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 153 p.

Freitas P. P., Cirano M., Texeira C. E. P., Marta-Almeida M., Brito-Borges F., Guerrero-Martin C. A., Gomes V. J. C. 2024. Pathways of surface oceanic water intrusion into the Amazon Continental Shelf. *Ocean Dynamics*, [S. l.], **74**(4): 321–334. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10236-024-01606-x>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10236-024-01606-x> . Acesso em: 16 mar. 2025.

Giordani H., Conejero C., Renault L. 2024. Adjustment of the marine atmospheric boundary-layer to the North Brazil Current during the EUREC4A-OA experiment. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, **108**: e101500, Dec. <https://doi.org/10.1016/j.dynatmoce.2024.101500>.

Goes E. R. & Ferreira Junior A. 2017. Caracterização morfossedimentar da plataforma continental Brasileira. *Revista Brasileira de Geografia Física*, **10**(5): 1595-1613.

Gorini C., Haq B.U., Reis A.T.dos, Silva C.G., Cruz A., Soares E., Grangeon D. 2014. Late Neogene sequence stratigraphic evolution of the Foz do Amazonas Basin, Brazil. *Terra Nova*, **26**: 179–185. <https://doi.org/10.3390/min14070702>

Jovene L. 2021. Metodologias de testemunho marinho. *In: Harari J.(org.). Noções de oceanografia*. São Paulo, Instituto Geográfico. E-book. Cap 6. Disponível em: <https://11nq.com/cgLoa>. Acesso em: maio 2023.

Jovane L. *et al.* 2024. Mesophotic hardground revealed by multidisciplinary cruise on the Brazilian Equatorial Margin. *Minerals*. **14**(7):702.

Julien P. Y. 2018. *River mechanics*. Cambridge, United Kingdom, Cambridge University Press.

Kralik M. 1999. A rapid procedure for environmental sampling and evaluation of polluted sediments. *Applied Geochemistry*, **14**: 807-816. [https://doi.org/10.1016/S0883-2927\(98\)00096-1](https://doi.org/10.1016/S0883-2927(98)00096-1) Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0883292798000961>. Acesso em: 13 de maio de 2023

Kuhn L.A. 2017. *Palinologia de depósitos quaternários da Planície Costeira de Santa Catarina (Garopaba, Brasil)*. MS Dissertation, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Larsonneur C. 1977. La cartographie dès dépôts meubles sur le plateau continental français:méthod mise au point et utilisée en manche. *Journal de Recherches Océanographiques*, **2** (1):34-39.

Lopes M. M. 2021. Culturas científicas sobre os oceanos na historiografia das ciências no Brasil. *Varia Historia*, [S. l.], **37** (75): 687–716. DOI: <https://doi.org/10.1590/0104-87752021000300004> . Disponível em: <https://www.scielo.br/j/vh/a/WvcjMsyhhqp4z8yMQ6LvTfP/> . Acesso em: 5 out. 2024.

Lopes M. M. 2023. As pesquisas em Geologia marinha e recursos minerais do mar, no Brasil (1960-1980). In: 6º Congreso Argentino & 1º Congreso Latinoamericano de Historia de la Geología, [S.l., s.n.], p 52. Disponível em: [https://www.insugeo.org.ar/novedades/Congreso%20Historia%20de%20la%20Geologia%20-%20ACTAS%20\(1\).pdf#page=52](https://www.insugeo.org.ar/novedades/Congreso%20Historia%20de%20la%20Geologia%20-%20ACTAS%20(1).pdf#page=52) . Acesso em: 26 mar. 2024.

Marinha Brasileira. 2010. *Limites marítimos estabelecidos durante o LEPLAC*. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/secirm/pt-br/leplac>. Acesso em: 6 set. 2023.

Melo Y. P.C., Assano Filho, M., Holanda, F. C. A. F., Santos, F. J.da S., Castro I. M. A.de. 2013. Distribuição e abundância do camarão-rosa *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez Farfante, 1967)(Crustacea, Decapoda, Penaeidae) na região norte do Brasil, durante as pescarias experimentais do programa REVIZEE/NORTE. *Tropical Journal of Fisheries and Aquatic Sciences (Boletim Técnico Científico do Cepnor)*, **5**(1): 73-81.

Millimann J.D. 1979. Morphology and structure of Amazon upper continental margin. *AAPG Bulletin*, **63** (6):934-950.

Nittrouer C.A. & Kuehl S.A. 1995. Geological significance of sediment transport and accumulation on the Amazon Continental Shelf. *Marine Geology*. **125**(3-4): 175-176.

Oliveira, K. V., Campos, M., Correia, M. M., Lerner, C. (2002). Diversidade de porifera (demospongiae, haplosclerida) no programa Revizee Score Norte-IV. *Salão de iniciação Científica (14.: 2002: Porto Alegre, RS). Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS, 2002.*

Olivier, L, Reverdin, G, Boutin, J, Laxenaire, R, Iudicone, D, Pesant, S, ... & Speich, S. (2024). Late summer northwestward Amazon plume pathway under the action of the North Brazil Current rings. *Remote Sensing of Environment*, **307**, 114165. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2024.114165>

Peixoto, R; Pereira, C. E; Salla, M.R; Alamy, E; Nishimura, A. Determinação da relação entre vazões líquida e sólida e análise de fatores que influenciam a dinâmica do transporte de sedimentos na Bacia Hidrográfica do Rio Jordão (UPGRH-PN 1). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S. l.], v. 25, n. 6, p. 921–931, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1413-4152202020180137>. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/347607671\\_Determinacao\\_da\\_relacao\\_entre\\_vazoes\\_liquida\\_e\\_solida\\_e\\_analise\\_de\\_fatores\\_que\\_influenciam\\_a\\_dinamica\\_do\\_transporte\\_de\\_sedimentos\\_na\\_Bacia\\_Hidrografica\\_do\\_Rio\\_Jordao\\_UPGRH-PN\\_1](https://www.researchgate.net/publication/347607671_Determinacao_da_relacao_entre_vazoes_liquida_e_solida_e_analise_de_fatores_que_influenciam_a_dinamica_do_transporte_de_sedimentos_na_Bacia_Hidrografica_do_Rio_Jordao_UPGRH-PN_1).

Petró S.M . 2018. Introdução Ao Estudo Dos Foraminíferos. Porto Alegre: IGEO/UFRGS. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/342991610\\_INTRODUCAO\\_AO\\_ESTUDO\\_DOS\\_FORAMINIFEROS](https://www.researchgate.net/publication/342991610_INTRODUCAO_AO_ESTUDO_DOS_FORAMINIFEROS) . Acesso em: 6 abr. 2024.

Pejrup M. 1988. The triangular diagram used for classification of estuarine sediments: a new approach. *In*: Boer P.L., van Gelder A., Nio S.D. (ed). *Tide-influenced sedimentary environments and facies*. Dordrecht, D.Reidel, p.289-300.

Petrobrás. 2024. Margem Equatorial: o que é, onde fica e qual sua importância. *Revista Digital Nossa Energia*, Disponível em: <https://nossaenergia.petrobras.com.br/w/nossas-atividades/margem-equatorial>. Acesso em: 15 mar. 2025.

Pezzuto P. R. 2016. Avaliação dos camarões de profundidade (Decapoda: Aristeidae). *Livro vermelho dos crustáceos do Brasil: Avaliação*, 2014: 82-92. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Paulo-Pezzuto/publication/311486468\\_AVALIACAO\\_DOS\\_CAMAROES\\_DE\\_PROFUNDIDAD\\_E\\_DECAPODA\\_ARISTEIDAE/links/58485bdb08ae61f75de352ca/AVALIACAO-DOS-CAMAROES-DE-PROFUNDIDADE-DECAPODA-ARISTEIDAE.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Paulo-Pezzuto/publication/311486468_AVALIACAO_DOS_CAMAROES_DE_PROFUNDIDAD_E_DECAPODA_ARISTEIDAE/links/58485bdb08ae61f75de352ca/AVALIACAO-DOS-CAMAROES-DE-PROFUNDIDADE-DECAPODA-ARISTEIDAE.pdf)

Pezzuto, P. R., Perez, J. A. A., Wahrlich, R. (2005). A pesca de camarões-de-profundidade (Decapoda: Aristeidae) nas regiões de talude da costa brasileira.

Ramos-Porto, M., Muniz, A. P. M., Silva, K. C. A., Cintra, I. H. A., Viana, G. F. S. (2003). Camarões da Subordem Pleocyemata Burkenroad, 1963 capturados durante pescarias experimentais para o Programa REVIZEE/NORTE (Crustacea, Decapoda). *Boletim Técnico Científico do CEPNOR*, 3(1), 77-106.

Reis A. T., Araújo E., Silva C. G., Cruz A. M., Gorini C., Droz L., Migeon S., Perovano R., King I., Bache F. 2016. Effects of a regional décollement level for gravity tectonics on late Neogene to recent large-scale slope instabilities in the Foz do Amazonas Basin, Brazil. *Marine and Petroleum Geology*, **75**: 29-52. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2016.04.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264817216301064>.

REMAC. 1975. Mapas batimétricos da margem continental brasileira. *In*: Projeto REMAC PETROBRÁS, Rio de Janeiro. (Série Projeto REMAC).

Revizee P. 2006. *Avaliação do potencial sustentável de recursos vivos na zona econômica exclusiva. Relatório Executivo Programa Revizee: avaliação do potencial sustentável de recursos vivos na zona econômica exclusiva. (Relatório Executivo)*. 97 p.

Rodil, I. F., Lucena-Moya, P., Tamelander, T., Norkko, J., Norkko, A. (2020). *Seasonal Variability in Benthic–Pelagic Coupling: Quantifying Organic Matter Inputs to the Seafloor*

and Benthic Macrofauna Using a Multi-Marker Approach. *Frontiers in Marine Science*, 7. doi:10.3389/fmars.2020.00404

Salgado-Labouriau M. L. 1961. Palinologia - fundamentos, técnicas e algumas perspectivas. *Rev. Bras. Geografia*, 23(4) : 695-717. Wodehouse (1935)

Sampaio L.F & Alberoni A.A.L. 2022. Nomes geográficos das formas de relevo submarino na margem Continental Brasileira. *R. Bras. Geogr.*, Rio de Janeiro, 67(1): 92-104, jan./jul. DOI:10.21579/issn.2526-0375\_2022\_n1\_92-104. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/366211217\\_Nomes\\_geograficos\\_das\\_formas\\_de\\_relevo\\_submarino\\_na\\_margem\\_continental\\_brasileira](https://www.researchgate.net/publication/366211217_Nomes_geograficos_das_formas_de_relevo_submarino_na_margem_continental_brasileira). Acesso em: 15 mar. 2025.

Sanchez J. P.A & Alfredini P. 2024. Conceptual nautical dimensions for Paraguay River Waterway amelioration works in critical stretches (Brazil). *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 18(2): 339-346. Disponível em: <https://doi.org/10.12716/1001.18.02.10> . Acesso em: 16 mar. 2025.

Santos M. de L. S., Bordalo A. O., Silva A. C. da, Araújo M. 2016. Alcalinidade total normalizada na Zona Econômica Exclusiva da região Norte (Brasil). *Scientia Plena*, 12(9). <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2016.097203>. Disponível em: <https://www.scienciaplena.org.br/sp/article/view/3010>

Serafim C. 2007. Revizee – missão cumprida. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, 2 (1): Jan. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/secirm/sites/www.marinha.mil.br/secirm/files/documentos/revizee/historia.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2025.

Shepard F.P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay rations. *Journal of Sedimentary Petrology*, 24 (3):151–138.

Silva A. C. D., Santos M. D. L. S., Araujo M. C., Bourlès B. 2009. Hydrological observations and modeling results of the seasonal and spatial spread of the Amazonian water plume. *Acta Amazonica*, 39: 361-369. <https://www.scielo.br/j/aa/a/ZdcGqMHbbSqxnRBms7qtMjk/?format=pdf&lang=pt>

Silva, A. C. D., Santos, M. D. L. S., Araujo, M. C., Bourlès, B. (2009). Hydrological observations and modeling results of the seasonal and spatial spread of the Amazonian water plume. *Acta Amazonica*, 39, 361-369. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/ZdcGqMHbbSqxnRBms7qtMjk/?format=pdf&lang=pt>

Silva, A. M., Asp, N. E., Gomes, V. J., Ogston, A. S. (2023). Impacts of Inherited Morphology and Offshore Suspended-Sediment Load in an Amazon Estuary. *Estuaries and Coasts*, 46(7), 1709-1722. <https://doi.org/10.1007/s12237-023-01253-3>

Silva Ariane M. M. *et al.* 2020. Recent sedimentation in an Amazon tidal tributary: Integrated analysis of morphology and sedimentology. *Journal of South American Earth Sciences*, [S. l.], 107: e103134. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.103134> . Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0895981120306763> .

Silva E. V. da. 2005. *Determinação da abundância de arraias capturadas durante os cruzeiros do programa Revizee-NO na Costa Norte do Brasil*. Relatório de Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Pesca, Universidade Federal Rural da Amazônia, 67p.

- Silva K. C.A. & Cintra I. H. A. 2001. Caranguejos capturados durante pescarias experimentais para o Programa REVIZEE/Norte (Crustacea: Decapoda: Brachyura). *Tropical Journal of Fisheries and Aquatic Science*, **1**(1): 77-102.
- Silva K. C.A., Cintra I. H. A., Cardoso, C.de L., Martins D. E. G. 2007. Nota científica Siris do Estado do Amapá coletados durante o Programa Revizee/Norte (Crustacea, Brachyura, Portunidae).
- Silva K. C.A., Cintra I. H. A., Ramos-Porto M., Viana G. F. S. 2003. Lagostas capturadas durante pescarias experimentais para o Programa REVIZEE/NORTE (Crustacea, Nephropoidea, Eryonoidea, Palinuroidea). *Tropical Journal of Fisheries and Aquatic Science*, **3**(1): 21-35.
- Silva L. S. 2017. *Composição e distribuição espaço-temporal de camarões no Plâncton (Decapoda: Dendrobranchiata) na Plataforma Continental do Amazonas*. Disponível em : [https://ppgeap.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/teses/2017/PPGEAP\\_TESE\\_Leiliane%20Souza%20da%20Silva\\_2017.pdf](https://ppgeap.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/teses/2017/PPGEAP_TESE_Leiliane%20Souza%20da%20Silva_2017.pdf).
- SisRevizee. 2021. *Programa ReviZEE - Base SisRevizee*. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomas/biomas-e-ecossistemas/ecossistemas-costeiros-e-marinhos/programa-revizee/programa-revizee-base-sisrevizee>. Acesso em: 26 abr. 2024.
- Song S., Santos I. R., Yu H., Wang F., Burnett W. C., Bianchi T. S. Dong J., Lian E., Zhao B., Mayer L., Yao Q., Yu Z., Xu B. 2022. A global assessment of the mixed layer in coastal sediments and implications for carbon storage. *Nature Communications*, **13**(1): 4903. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-32650-0>
- Suguio K. 1973. *Introdução a sedimentologia*. São Paulo, USP; Blücher.
- Suguio K. 2003. *Geologia sedimentar*. São Paulo, Edgard Blücher.
- Wentworth C.K. 1922. Escala Wentworth. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, **30**:377-392. Disponível em: <http://dicionario.sensagent.com/Escala%20de%20Wentworth/pt-pt/>. Acesso em: 11 jun.23.
- Wiggers M. M. 2013. Zoneamento das áreas de risco a movimentos de massa no perímetro urbano do município de Caxias do Sul (RS). Porto Alegre, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 131p. In: Silva L. F. *Análise de curva de correlação entre pluviosidade e movimentos de massa nas encostas de João Pessoa (Pb)*. Trabalho de Conclusão de Curso Graduação, Universidade Federal da Paraíba, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/13584/1/LFS19062018.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2025.
- Ybert J.P., Salgado-Labouriau M.L, Barth O.M., Lorscheitter M.L., Barros M.A.,Chaves S.A.M., Luz C.F.P., Ribeiro M., Scheel R., Vicentini K.F. 1992. Sugestões para padronização da metodologia empregada em estudos palinológicos do Quaternário. *Boletim Instituto de Geologia da Universidade de São Paulo*, São Paulo, **13**(2): 47-49.
- Zacardi D. M., Bittencourt S. C.da S., Rawietsch A. K., Nakayama L. 2008. 1208 Ictioplâncton marinho da Plataforma Continental e águas adjacentes à foz do rio Amazonas (Operação Norte

Iii–Revizee Score Norte). *Tropical Journal of Fisheries and Aquatic Science*, **8**(1): 09-20.  
<https://rgc.ufra.edu.br/index.php/CEPNOR/article/view/124>.

**APÊNDICE A - TABELA SINÓTICA DOS ENCONTRADOS 34 TRABALHOS  
SOBRE ESTUDOS MICROPALAEONTOLOGIA E/OU PALINOLOGIA NO  
TALUDE CONTINENTAL DO BRASIL.**

<b>Nº</b>	<b>Ano</b>	<b>Autor</b>	<b>Talude</b>	<b>Título da Pesquisa</b>
1	1977	Vicalvi	Sul do Brasil	Sedimentos quaternários da plataforma continental e talude do sul do Brasil: Estratigrafia e Curvas Paleoclimáticas.
2	1980	Vicalvi	Foz do Rio Gurupi (MA) e Fortaleza (CE).	Biestratigrafia e Taxas de Acumulação dos Sedimentos Quaternários do Talude e Sopé Continental entre a Foz do Rio Gurupi (MA) e Fortaleza (CE).
3		Bertels <i>et al.</i>	Rio Grande do Sul	Notas preliminares sobre a micropaleontologia da plataforma e talude do Rio Grande do Sul.
4		Madeira-Falçetta <i>et al.</i>	talude do Rio Grande do Sul, Brasil.	Foraminíferos e radiolários de testemunhos da plataforma continental e talude do Rio Grande do Sul, Brasil.
5		Kotzian & Eitel	Sul do Brasil	Radiolários (Polycystina) quaternários de testemunhos do talude continental sul-brasileiro.
6	1991	Caddah	Bacia de Campos (RJ)	Análise sedimentológica de testemunhos a pistão do talude Quaternário da Bacia de Campos.
7	1995	Azevedo	Estado de Santa Catarina	Ostracodes Quaternários da Plataforma Continental Externa e Talude Superior do Estado de Santa Catarina
8	1995	Savini	Bacia de Campos (RJ)	Análise estratigráfica e paleoambiental num sistema plataforma/talude: Oligo-Mioceno dos campos de Vermelho, Moréia e Marlim, bacia de Campos, Brasil.
9	1997	Vicalvi	Bacia de Campos (RJ)	Zoneamento bioestratigráfico e paleoclimático dos sedimentos do Quaternário Superior do talude da Bacia de Campos, RJ, Brasil.
10	1998	Caddah <i>et al.</i>	Bacia de Campos (RJ)	Slope sedimentary facies associated with Pleistocene and Holocene sea-level changes, Campos Basin, southeast Brazilian Margin.
11	1998	Viana <i>et al.</i>		Hydrology, morphology and sedimentology of the Campos continental margin, offshore Brazil, Amsterdam
12	1998	Viana & Faugères	Bacia de Campos	Upper slope sand deposits: the example of Campos Basin, a latest Pleistocene-Holocene record of the interaction between alongslope and downslope currents. In: M.S. Stoeker, D. Evans, & A. Cramp (eds.)
13	1999	Vicalvi	Bacia de Campos e Platô de São Paulo	Zoneamento bioestratigráfico e paleoclimático do Quaternário Superior do talude da Bacia de Campos e Platô de São Paulo adjacente, com base em foraminíferos planctônicos.
14	1999	Gonçalves	Cone Do Rio Grande, Rio Grande Do Sul	Interpretação Do Testemunho T-101, (32°05's; 47°35'w) Com Base Em Nanofósseis Calcários - Cone Do Rio Grande, Rio Grande Do Sul, Brasil.
15	2002	Barbosa	Bacia de Santos e Campos	Sistemática, Bioestratigrafia e Paleoceanografia de Foraminíferos do Quaternário do Talude Continental das Bacias de Santos e Campos.
16	2002	Menezes	Bacia de Campos (RJ)	Aplicação de parâmetros palinofaciológicos e organogeoquímicos na reconstrução paleoambiental do talude continental brasileiro recente na Bacia de Campos, RJ.
17	2003	Menezes	Bacia de Campos (RJ)	Análise De Palinofácies & Fácies Orgânica Aplicada Na Reconstituição Paleoambiental Do Talude Continental Médio Da Bacia De Campos, RJ.
18	2003	Oliveira	Bacia de Campos (RJ)	Reconstrução paleoambiental com base nas assembléias de dinoflagelados presentes nos sedimentos do Holoceno e Pleistoceno do talude continental brasileiro da Bacia de Campos, RJ, Brasil.
19	2004	Menezes	Bacia de Campos (RJ)	Aplicação de fácies orgânica na análise paleoceanográfica do talude continental superior recente da bacia de Campos, RJ,

				Brasil
20	2004	Araujo	Estado da Bahia	Estudo da Microfauna de Foraminíferos do sedimento da superfície e da subsuperfície da plataforma e do talude continentais da região norte do estado da Bahia (Salvador à Barra do Itariri).
21	2004	Freitas <i>et al.</i>	Bacia de Campos (RJ)	Inferências Paleoclimáticas Com Base Em Palinomorfos Continentais De Sedimentos Quaternários Do Talude Continental Brasileiro Da Bacia De Campos, RJ
22	2005	Freitas	Bacia de Campos (RJ)	Reconstrução Paleoclimática Com Base Na Análise De Palinomorfos Continentais Em Sedimentos Pleistocênicos-Holocênicos Do Talude Continental Brasileiro Da Bacia De Campos, RJ
23	2005	Sanjinés	Bacia de Campos (RJ)	Bioestratigrafia de testemunhos a pistão do Talude da Bacia de Campos, RJ, com base em Foraminíferos Planctônicos
24	2005	Tokutake	Bacia de Campos (ES)	Bioestratigrafia de nanofósseis calcários e estratigrafia de isótopos (C e O) do talude médio, Quaternário, porção N da bacia de Campos, ES.
25	2006	Sanjinés	Bacia de Campos (RJ)	Biocronoestratigrafia e correlação gráfica de três testemunhos a pistão do talude continental da Bacia de Campos, RJ – Brasil.
26	2007	Santos	Bacia de Campos	Associações palinológica de sedimentos quaternários da Formação Ubatuba, Bacia de Campos Brasil.
27	2008	Araujo	Norte da Bahia	Eventos bioestratigráficos, paleoclimáticos e paleobatimétricos do talude continental superior da Bahia, evidenciados através do estudo da fauna de foraminíferos.
28	2008	Araujo	Norte da Bahia	Análise Sedimentar e Micropaleontológica (Foraminíferos) de Seções Quaternárias do Talude Continental Superior do Norte da Bahia, Brasil.
29	2008	Araujo	Norte da Bahia	Foraminíferos da subsuperfície do talude continental superior do norte da Bahia, Brasil.
30	2011	Noronha	Bacia de Campos (RJ)	Alterações Paleoambientais Inferidas Por Associações De Dinoflagelados E Outros Palinomorfos Recuperados De Um Testemunho Quaternário Da Bacia De Campos
31	2011	Oliveira	Bacia de Campos (RJ)	Estudo De Mudanças Ambientais Com Base Na Palinoflora De Sedimentos Quaternários Do Talude Continental Da Bacia De Campos, Rio De Janeiro, RJ, Brasil.
32	2012	Marciel	Bacia de Campos	Bioestratigrafia Com Base Em Nanofósseis Calcários Do Testemunho GI-77, Bacia De Campos, Sudeste Do Brasil.
33	2017	Piana	Bacia De Jacuípe, Bahia	Zoneamento Bioestratigráfico E Paleoclimático Dos Sedimentos Do Quaternário Superior Do Sopé E Talude Continentais Da Bacia De Jacuípe, Bahia, Brasil
34	2020	Noucoucoulk	SUB-BACIA DE ICARAÍ da Bacia do Ceará	Marcadores Sedimentológicos, Geoquímicos E Micropaleontológicos No Quaternário Tardio Do Talude Continental Da Sub-Bacia De Icarai, Bacia Do Ceará, Margem Equatorial Brasileira.

Fonte: Autora