

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

GIORGIO BATTISTELLA SANTOS

**INTERPRETAÇÃO DA EVOLUÇÃO PALEOAMBIENTAL DURANTE O QUATERNÁRIO
DO LESTE DA ILHA DO MARAJÓ – PA**

Monografia
TF-23/23

Orientador: Prof. Dr. André Marconato

Coorientadora: Claudia de Oliveira Rodriguez

Coorientador: Vinícius Ribau Mendes (IMar/UNIFESP)

São Paulo
2023

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**INTERPRETAÇÃO DA EVOLUÇÃO PALEOAMBIENTAL DURANTE O QUATERNÁRIO
DO LESTE DA ILHA DO MARAJÓ – PA**

TF-23/23

GIORGIO BATTISTELLA SANTOS

Monografia apresentada ao Instituto de
Geociências da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de Bacharel
em Geologia.

Área de concentração: Geologia ambiental
e sedimentar.

Orientador: Prof. Dr. André Marconato
Coorientadora: Claudia de Oliveira
Rodriguez
Coorientador: Vinícius Ribau Mendes

São Paulo
2023

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãe, minha irmã e minha vó, que sempre sonharam junto comigo, e ao Vô Guilherme (in memoriam).

AGRADECIMENTOS

Os cinco anos que passei no Instituto de Geociências foram de muito aprendizado e amadurecimento. De cada pessoa, pude aprender um pouco sobre a vida e sobre a geologia. Viver o sonho de estudar geologia nesta Universidade me proporcionou coisas que transbordam o universo acadêmico. Mas a essência da vivência neste instituto está nas coisas mais simples, ou melhor, nas relações interpessoais e no valor que damos para elas. Por isso, quero deixar meus agradecimentos às pessoas que compartilharam comigo desta experiência neste local.

Em primeiro lugar, expresso minha gratidão ao Instituto de Geociências da USP, seus funcionários, professores e colegas, pelo suporte, incentivo e infraestrutura durante todos esses anos de convívio. Ao IMar (UNIFESP), LABSED, LEGaL, LABPETRO e LIG pela infraestrutura e suporte durante as práticas laboratoriais.

Em especial, ao meu orientador André Marconato por todo o suporte neste trabalho e por todo o conhecimento e instruções passadas durante os anos que fui aluno e monitor das disciplinas. Ao meu coorientador Vinícius Ribau por permitir utilizar o leitor portátil de luminescência e suporte durante as análises e discussões deste trabalho. À minha coorientadora Claudia Rodriguez, acompanhada do Athos, pelas amostras e dados coletados disponibilizados, bem como por todo suporte e conselhos.

Aos meus amigos que compartilham do mesmo amor pela geologia, Bauducco, Bongô, Loris, Lorenzo, Brasil, Carol, Morfina, Jubilau, Laika, Malikonda, Rhu, Vampira, Prê, Kuririn, Émeline, Jesús, Pedro, Haxixe, Mika, Brother, Xupiscu e Tigrão. Compartilhar desses cinco anos de graduação com vocês me fizeram muito feliz.

Aos professores Fruta e Ninguém por compartilharem o fascínio da geologia sedimentar, e por me permitirem estar ao lado de vocês como monitor das disciplinas. Vocês são grandes inspirações profissionais para mim.

Ao Boggi, Chico Bill, Ivo, Gianinni, André Pestilho e Denise por compartilharem seus conhecimentos e experiências com a Geologia.

Ao Wagner e ao Zé, por todo o apoio prestado e pela preocupação em manter agradável e divertido o ambiente do Instituto. Ao Samuca, exemplo de gentileza e educação, pelos serviços prestados e pela amizade. Ao Ubira, Ivan, Nino e demais motoristas por todo serviço prestado e pelas experiências compartilhadas durante os campos.

Ao Ideval, Miriam e todo o Museu de Geociências pela forma alegre e mágica de ensinar a geologia. As monitorias que acompanhei no museu estão entre as memórias mais importantes e felizes que tive por aqui.

A Jordana, técnica do LABPETRO, por toda ajuda prestada e orientação durante as análises laboratoriais. Ao Xopzz, pelos conhecimentos repassados e suporte oferecido durante o uso do LEGaL.

Mesmo aqueles que não fazem parte da comunidade USP merecem ser lembrados. Aos amigos que a cidade de São Paulo me proporcionou, Hanna, Vitória, Thaís, Samara, Beatriz, Mariana e Gabriel Duarte, meu sincero agradecimento.

Aos meus amigos de infância Anderson, Daniel, Elisa, Isabella, Daniela, Ana e Gabriel Freitas que me ensinaram o valor da amizade e que estiveram sempre junto comigo, mesmo distantes fisicamente.

Por fim, gostaria de agradecer à minha família por sempre valorizarem a educação e por seu amor incondicional. Apesar da distância e de outras dificuldades, só foi possível chegar até aqui porque estive acompanhado de vocês.

RESUMO

A Ilha do Marajó, situada entre a foz do rio Amazonas e Tocantins, no extremo norte do Pará, constitui o maior arquipélago de ilhas fluvio-marinhas do mundo. Este trabalho teve como objetivo reconstruir a evolução dos ambientes deposicionais da porção Leste da Ilha do Marajó durante o Pleistoceno Tardio-Holoceno a partir da análise de fácies e análise de luminescência opticamente estimulada de um testemunho sedimentar de 120 metros de profundidade coletado próximo ao lago Arari. A análise de fácies realizada neste projeto sugere ambiente fluvial para os sedimentos depositados entre 50.795 e 8.981 ^{14}C anos AP, aproximadamente. A partir de 8921 ^{14}C anos AP, com a subida do nível do mar acima do nível atual, ocorreu o desenvolvimento de um ambiente estuarino e, posteriormente, ambiente lagunar. O rebaixamento do nível do mar até o nível atual proporcionou o desenvolvimento do moderno lago Arari e a progradação da linha de costa até a configuração atual. Os sinais naturais de luminescência opticamente estimulada por LED infravermelho (IRSL) e azul (OSL) permitiram estimar a sensibilidade do quartzo e a proporção relativa de feldspato em relação ao quartzo das amostras. Os resultados sugerem que a luminescência natural pode ser utilizada para estimar a contribuição andina e de escudo dos depósitos sedimentares da Ilha do Marajó.

Palavras-chave: Quaternário, Ilha do Marajó, Luminescência Opticamente Estimada, proveniência sedimentar, modelo de sistema deposicional.

ABSTRACT

The Marajó Island, situated between the mouth of the Amazon River and Tocantins in the far north of Pará, constitutes the largest archipelago of fluvial-marine islands in the world. This study aimed to reconstruct the evolution of depositional environments in the eastern portion of Marajó Island during the Late Pleistocene to Holocene, based on facies analysis and optically stimulated luminescence analysis of a 120-meter-thick sedimentary core collected near Lake Arari. The results obtained in this study suggest a fluvial environment for sediments deposited between approximately 50,795 and 8,981 14C years BP. From 8,921 14C years BP, with the rise of sea level above the current level, the development of an estuarine environment occurred, followed by a lagoon environment. The sea level drop to the current level led to the development of the modern Lake Arari and the progradation of the coastline to its current configuration. Natural signals of infrared optically stimulated luminescence (IRSL) and blue optically stimulated luminescence (OSL) were used to estimate the sensitivity of quartz and the relative proportion of feldspar to quartz in the samples. The results suggest that natural luminescence can be used to estimate the Andean and Shield contributions to the sedimentary deposits of Marajó Island.

Key-words: Quaternary, Marajó Island, Optically Stimulated Luminescence, sediment provenance, depositional system model.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	METAS E OBJETIVOS	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	Caracterização da área de estudo	15
3.1.1	<i>Localização</i>	<i>15</i>
3.1.2	<i>Geologia</i>	<i>16</i>
3.1.3	<i>Geomorfologia e hidrografia</i>	<i>20</i>
3.1.4	<i>Clima</i>	<i>20</i>
3.2	Bacia do Rio Amazonas	21
3.3	A Bacia do Rio Tocantins-Araguaia	22
3.4	Fundamentos da luminescência opticamente estimulada	23
4	MATERIAIS E MÉTODOS	23
4.1	Sensoriamento remoto	23
4.2	Testemunho sedimentar	24
4.3	Análise de fácies sedimentares	25
4.4	Análise granulométrica por difração de laser	25
4.5	Análise morfológica de quartzo	26
4.6	Luminescência opticamente estimulada	27
4.6.1	Obtenção e preparação das amostras	27
4.6.2	Leitor OSL portátil de bancada	28
5	RESULTADOS	29
5.1	Caracterização geomorfológica	29
5.2	Análise morfológica do quartzo	31
5.3	Análise granulométrica	31
5.4	Análise de fácies e processos deposicionais	32
5.4.1	<i>Fácies Ai – Areia fina a média</i>	<i>33</i>
5.4.2	<i>Fácies Hv – Depósitos heterolíticos laminados de lama com laminações de areia subordinada e bandas avermelhadas</i>	<i>34</i>
5.4.3	<i>Fácies Fs – folhelho siltoso</i>	<i>34</i>
5.4.4	<i>Fácies Hwf – Depósitos heterolíticos com laminação flaser e wavy</i>	<i>35</i>
5.4.5	<i>Fácies Ad – areia muito fina a média com lentes de lama</i>	<i>36</i>
5.4.6	<i>Fácies Fr - Folhelho siltoso com lâminas de lama de cor cinza claro e cinza escuro, e com lâminas arroxeadas subordinadas.</i>	<i>36</i>
5.4.7	<i>Fácies Foc - Folhelho siltoso com lâminas de cor ocre, cinza claro e cinza escuro</i>	<i>37</i>

5.4.8	<i>Fácies Fmo - Folhelho siltoso rico em matéria orgânica</i>	37
5.5	Análise de associações de fácies	38
5.5.1	<i>Associação A</i>	38
5.5.2	<i>Associação B</i>	39
5.5.3	<i>Associação C</i>	40
5.5.4	<i>Associação D</i>	40
5.5.5	<i>Associação E</i>	41
5.6	Luminescência Opticamente Estimulada	41
5.7	Controle cronológico do depósito	44
6	INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	46
6.1	Evolução geomorfológica	46
6.2	Modelo de sistemas deposicionais	46
6.3	Proveniência sedimentar	48
7	CONCLUSÕES	50
8	REFERÊNCIAS	52
	APÊNDICE A – FICHAS GRÁFICAS DE DESCRIÇÃO DO TESTEMUNHO	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa hipsométrico com relevo sombreado da Ilha do Marajó com detalhamento para a área de estudo. Modelo Digital de Elevação - SRTM.	16
Figura 2 - Modelo de sedimentação quaternária durante estágios de nível do mar alto e baixo proposto por Millimani <i>et al.</i> (1975). Áreas em verde-escuro indicam a atual área continental. Áreas em verde-claro indicam a progradação da linha de costa. Setas indicam as principais rotas de dispersão de sedimento. Cor azul-escuro indica profundidades maiores que 100 metros, próximo à quebra da plataforma. Modificado de Maslin <i>et al.</i> (2006).	17
Figura 3 - O diagrama representa a evolução da Bacia do Baixo Amazonas do Plio-Pleistoceno ao presente. a) Estabelecimento de um paleovale orientado paralelamente a falhas N/NW-S/SE, o qual foi preenchido pelos sedimentos Pós-Barreiras transportados pelo paleo Rio Tocantins. b) Reativação de falhas ao longo de zonas de falhas transcorrentes orientadas NNW-SSE teriam capturado o paleo Rio Tocantins e desviado o seu curso para NE. c) Reativação de falhas ao longo de zona transcorrentes orientadas E-W levaram ao estabelecimento do rio Pará e da Ilha do Marajó. Extraído de Rossetti & Valeriano (2007).	18
Figura 4 - Composição ternária R(5), G(4), e B(3) de Landsat com indicação de feições morfológicas de um paleoestuário com terminação ao sul em um sistema fluvial. Extraído de Rossetti <i>et al.</i> (2007a).	19
Figura 5 - Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas. Fonte: Autoral.	21
Figura 6 - Bacia hidrográfica do rio Tocantins-Araguaia. Fonte: Autoral.	22
Figura 7 - a) Análises granulométricas realizadas no granulômetro Malvern Mastersizer 2000 com Hydro 2000MU. b) Amostras em tubo Falcon de 50 mL submetidas ao tratamento prévio à análise granulométrica.	26
Figura 8 - a) Aquisição de imagem no LABPETRO. b) Imagem capturada em contraluz. c) Imagem binária processada no ImageJ.	27
Figura 9 - (a) Leitor OSL portátil de bancada. (b) Gráficos de contagem de fótons em função do tempo de estimulação por LED azul (BOSL) e infravermelho (IRSL)	28
Figura 10 - a) Imagem FABDEM processada para ressaltar contrastes de relevo. b) Elementos arquiteturais e morfológicos de ambientes sedimentares da Ilha do Marajó. Paleocanais (1) são truncados por um paleoestuário com terminação ao sul em um sistema fluvial (2). O evento seguinte é representado pela progradação da linha de costa (3) com paleocanais e cordões litorâneos.	30
Figura 11 - Parâmetro R calculado para as amostras.	31

Figura 12 - Resultados da análise granulométrica em função da profundidade (m) – (a) Porcentagem cumulativa de areia, silte e argila, (b) Diâmetro médio (ϕ), (c) Desvio padrão (ϕ), (d) Assimetria, (e) Curtose.....	31
Figura 13 - Descrição do testemunho FSM-1.....	33
Figura 14 - Fácies <i>Ai</i>	33
Figura 15 - Fácies <i>Hv</i> . (a) Observa-se horizonte avermelhado entre lâminas heterolíticas de lama de cor cinza claro e cinza escuro. (b) Lâminas heterolíticas de lama deformadas plasticamente e com falhas inversas. Observa-se camadas avermelhadas que indicam oxidação.	34
Figura 16 - Fácies <i>Fs</i> : (a) Folhelho siltoso com lâminas deformadas plasticamente. (b) Folhelho siltoso com predomínio de lâminas cinza-escuro regularmente espaçadas....	35
Figura 17 - Fácies <i>Hwf</i> . (a) Intercalação de laminações de lama e areia muito fina. As camadas estão deformadas plasticamente. (b) Intervalo com laminações mais espessas.	35
Figura 18 - Fácies <i>Ad</i>	36
Figura 19 - (a) Fácies <i>Fso</i> com laminações heterolíticas de lama de cor cinza claro e cinza escuro com lâminas arroxeadas. As camadas estão deformadas plasticamente e, por vezes, rompidas. (b) Fácies <i>Fso</i> – no círculo vermelho está indicada a ocorrência de sulfeto e, nos círculos azuis, bioturbações.....	36
Figura 20 - Fácies <i>Foc</i>	37
Figura 21 - Fácies <i>Fmo</i>	37
Figura 22 - Associação de fácies A. É constituída pelas fácies <i>Ai</i> e <i>Hv</i> . Os triângulos cinza escuros indicam ciclos com granodescrescência ascendente.....	39
Figura 23 - Associação de fácies B. A seta indica um aumento das características fluviais nas fácies em direção ao topo.	39
Figura 24 - Associação de fácies C.....	40
Figura 25 - Associação de fácies D.....	40
Figura 26 - Associação de fácies E.....	41
Figura 27 - Gráfico de dispersão entre %BOSLF e a razão IRSL/OSL com barra de erro. ...	42
Figura 28 - Gráficos de dispersão do diâmetro médio em função de: (a) %BOSLF. (b) IRSL/OSL.	42
Figura 29 - Parâmetros em função da profundidade: (a) Diâmetro médio. (b) Contagem de fótons durante o primeiro segundo de estimulação por LED infravermelho. (c) Contagem de fótons durante o primeiro segundo de estimulação por LED azul. (d) Soma das contagens de (b) e (c). (e) Razão IRSL/OSL. (f) %BOSLF.	43
Figura 30 - Profundidade das amostras em função das idades interpoladas.	44

Figura 31 - Contagem de fótons em função das idades interpoladas. (a) Para 1s de LED infravermelho. (b) Para 1s de LED azul. (c) Soma das contagens de (a) e (b).....	45
Figura 32 - (a) Gráfico da razão IRSL/OSL em função do tempo. (b) Gráfico de %BOSL em função do tempo. (c) Gráfico de variação do nível do mar global em função do tempo (Miller, 2020).....	45
Figura 33 - Relação entre sinais de luminescência (%BOSL e IRSL/OSL) com as fácies sedimentares, granulometria e nível global do mar (Miller, 2020).	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Idades ^{14}C do testemunho FSM-1 (Extraído de Miranda et al., 2009).	25
Tabela 2 - Protocolo de preparação das amostras para análise granulométrica.	26
Tabela 3 - Protocolo de leitura dos sinais OSL e IRSL pelo escâner.	28
Tabela 4 - Descrição das fácies sedimentares do testemunho FSM-1.	32
Tabela 5 - Associação de fácies e interpretação dos ambientes deposicionais.	38

LISTA DE SIGLAS

OSL	Luminescência Opticamente Estimulada
BOSL	Luminescência Opticamente Estimulada por LED Azul
IRSL	Luminescência Opticamente Estimulada por LED Infravermelho
AP	Antes do Presente

1 INTRODUÇÃO

A Ilha do Marajó localiza-se junto à foz dos Rios Amazonas e Tocantins, no extremo norte do Pará, e constitui a maior ilha fluviodeltaica do mundo, com cerca de 49.000 km². O Rio Amazonas deságua ao norte-noroeste da ilha, produzindo um complexo ambiente deltaico-estuarino, o qual é denominada Golfão Marajoara (Dantas & Teixeira, 2013), enquanto ao leste da Ilha, a Baía de Guajará representa um grande estuário onde deságua o Rio Tocantins. Estudos de depósitos do Pleistoceno Tardio-Holoceno sugerem que a evolução da Ilha do Marajó está relacionada a variações eustáticas e, principalmente, a neotectônica (Rossetti & Valeriano, 2007; Rossetti *et al.*, 2007a, 2007b, Miranda *et al.*, 2009)

Este trabalho teve como objetivo interpretar a evolução da Ilha do Marajó a partir da análise de fácies sedimentares e ambientes deposicionais, análise geomorfológica e análise de proveniência. Um leitor portátil de luminescência opticamente estimulada foi utilizado para investigar a proveniência sedimentar a partir do cálculo de sensibilidade do quartzo e da proporção relativa de feldspato em relação ao quartzo. Estas análises permitiram caracterizar duas principais fontes de sedimentos: sedimentos derivados do Rio Amazonas e sedimentos provenientes de áreas de Escudo.

2 METAS E OBJETIVOS

O trabalho tem como problema central a interpretação da evolução paleoambiental da porção leste da Ilha do Marajó a partir da análise paleogeomorfológica, e análise de fácies e proveniência sedimentar de um testemunho sedimentar de 120 metros coletado próximo ao Lago Arari. Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- 1) Reconstruir a evolução paleogeomorfológica do Leste da Ilha do Marajó;
- 2) Caracterizar a evolução paleoambiental a partir da análise de fácies e interpretação dos ambientes deposicionais;
- 3) Caracterizar a proveniência sedimentar ao longo do testemunho.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Caracterização da área de estudo

3.1.1 Localização

A Ilha de Marajó (48.00-51.00 W, 0.00-2.00 S, Figura 1) apresenta área em torno de 49000 km² e está situada na confluência das bacias dos rios Amazonas e Tocantins-Araguaia, que deságuam no Oceano Atlântico, no extremo norte do Estado do Pará (Gonçalves *et al.*, 2016). A área de estudo compreende a região do Lago Arari, na porção oriental da Ilha do Marajó. Esta região está inserida na Folha SA.22-X-B (Soure) de escala 1:250.000. Os testemunhos a serem analisados (FSM-1) são provenientes de uma sondagem realizada na Fazenda Santa Helena, localizada a 4 quilômetros a sudoeste da cidade Santa Cruz do Arari (PA), nas coordenadas 49.18249°W; 0.68166°S (WGS, 1984).

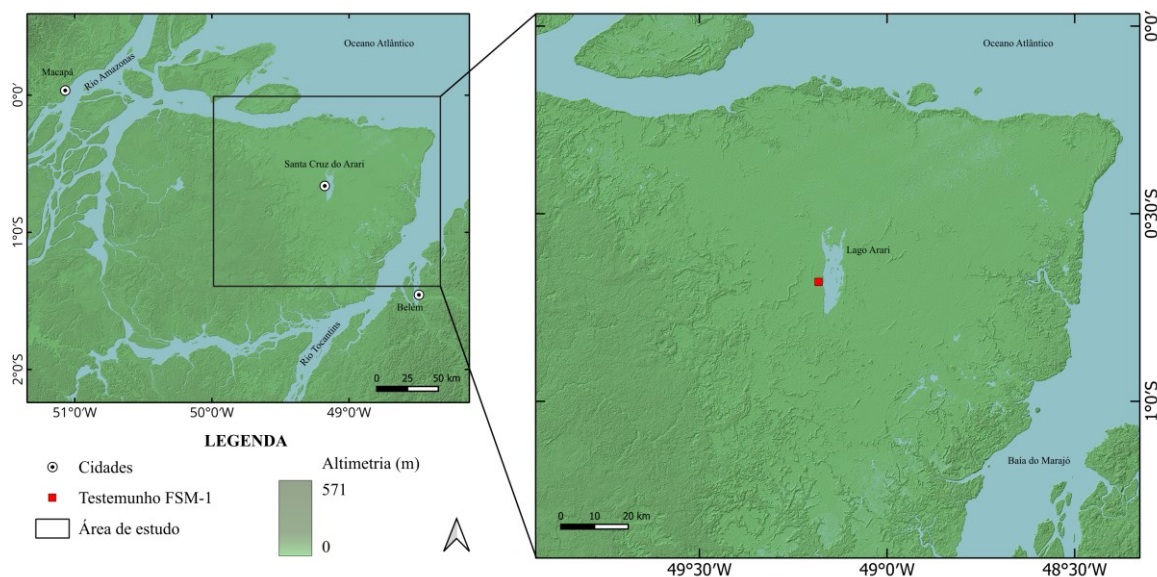


Figura 1 - Mapa hipsométrico com relevo sombreado da Ilha do Marajó com detalhamento para a área de estudo. Modelo Digital de Elevação - SRTM.

3.1.2 Geologia

A Ilha de Marajó está situada na Plataforma do Pará (Rezende & Ferradaes, 1971), área do embasamento que permaneceu tectonicamente estável entre a Bacia do Marajó e outras bacias sedimentares (Rossetti, 2006). A Bacia do Marajó se estabeleceu sobre o Sistema de Grábens do Marajó, o qual consiste no braço abortado da junção triplíce que evoluiu para o Oceano Atlântico (Caputo, 1984; Azevedo, 1991). O preenchimento sedimentar do sistema de grábens ocorreu durante as fases pré, sin- e pós-rifte, do Cretáceo Inferior ao Holoceno, enquanto sobre a Plataforma do Pará ocorreu apenas a partir do Oligoceno (Rossetti *et al.*, 2012).

3.1.2.1 A sedimentação na Margem Continental Amazônica

Milliman *et al.* (1975) sugerem que a sedimentação ao longo da margem continental amazônica durante o quaternário foi controlada principalmente pelas variações globais do nível do mar durante períodos glaciais/interglaciais e o aporte sedimentar (Figura 2). Durante os períodos interglaciais, quando o nível do mar esteve próximo do atual, os sedimentos foram depositados próximos à foz dos rios e, então, transportados para noroeste através da plataforma por correntes marinhas. Durante as quedas do nível do mar em resposta ao avanço glacial, ocorreu a progradação da linha de costa e, quando o nível do mar esteve 80 a 60 metros mais baixo que o nível atual, os sedimentos foram diretamente canalizados para o mar profundo.

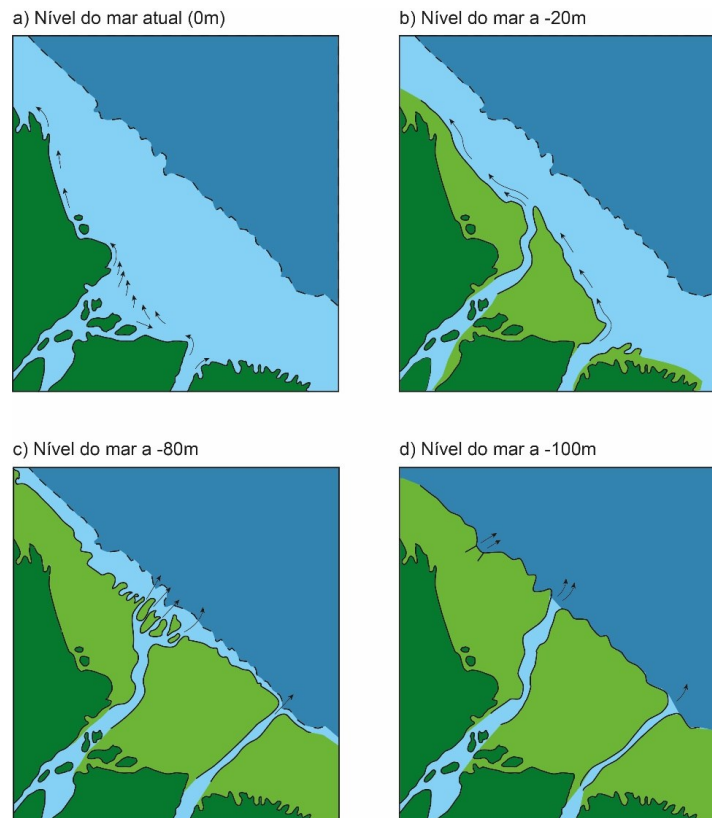


Figura 2 - Modelo de sedimentação quaternária durante estágios de nível do mar alto e baixo proposto por Millimani *et al.* (1975). Áreas em verde-escuro indicam a atual área continental. Áreas em verde-claro indicam a progradação da linha de costa. Setas indicam as principais rotas de dispersão de sedimento. Cor azul-escuro indica profundidades maiores que 100 metros, próximo à quebra da plataforma. Modificado de Maslin *et al.* (2006).

Rossetti & Valleriano (2007) descrevem uma morfologia em leque que se estende desde a cidade de Tucuruí até a Ilha de Marajó e está relacionado a um paleovale orientado tectonicamente N/NW-S/SE, o qual corta rochas Miocênicas e mais antigas. O vale inciso foi preenchido por sedimentos carregados pelo paleo-rio Tocantins, o qual depositou os sedimentos para norte-noroeste, alcançando a Ilha do Marajó e produzindo um depósito com morfologia de leque durante o Plio-Pleistoceno/Pleistoceno. As evidências da existência do paleo Rio Tocantins são paleocanais de direção NNW preservados em sedimentos Pós-Barreiras, os quais foram reconhecidos em todo o leque por imagens SRTM. A interpretação que este paleovale teria resultado de falhamento é baseada no reconhecimento de diversos segmentos retilíneos das margens do paleovale orientados NNW-SSE. A partir do Pleistoceno Tardio/Holoceno, a reativação de falhas orientadas NE-SW teria sido responsável pela captura do moderno Rio Tocantins e o abandono dos paleocanais orientados NNW. Durante o Holoceno, a atividade de falhas associadas a zonas transcorrentes orientadas E-W teria levado o surgimento do Rio Pará e o consequente destacamento da Ilha do Marajó. As evidências consideradas pelos autores são a deflexão do curso do rio Tocantins de NE para ENE e o desvio de diversos rios orientados NE-SW para ESE no setor oeste do leque.

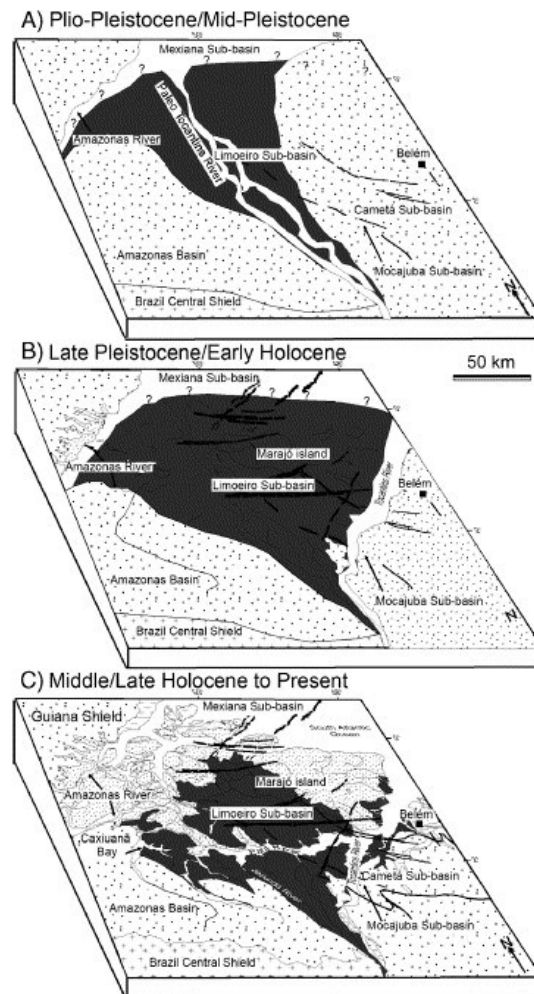


Figura 3 - O diagrama representa a evolução da Bacia do Baixo Amazonas do Plio-Pleistoceno ao presente. a) Estabelecimento de um paleovale orientado paralelamente a falhas N/NW-S/SE, o qual foi preenchido pelos sedimentos Pós-Barreiras transportados pelo paleo Rio Tocantins. b) Reativação de falhas ao longo de zonas de falhas transcorrentes orientadas NNW-SSE teriam capturado o paleorio Tocantins e desviado o seu curso para NE. c) Reativação de falhas ao longo de zona transcorrentes orientadas E-W levaram ao estabelecimento do rio Pará e da Ilha do Marajó. Extraído de Rossetti & Valeriano (2007).

Para a região do Lago Arari, Rossetti *et al.* (2007a) propõe um modelo de sistema estuarino ativo do Pleistoceno Tardio ao Holoceno ao observar que o lago está inserido em uma forma de funil, que termina ao norte em uma paleo-linha de costa e, ao sul, em um sistema de canais meandantes (Figura 4).

De acordo com Rossetti *et al.* (2007b), a presença do paleovale estuarino preenchido por areias fluviais que derivam do Leste implicaria na conexão da Ilha do Marajó com o continente até o final do Pleistoceno Tardio-Holoceno. Uma vez que as idades para o preenchimento do canal não coincidem com o principal evento transgressivo do último máximo interglacial (cerca de 126 ka) e são registrados gradientes de profundidade maiores que 60 m entre depósitos do Pleistoceno Tardio dentro de pequenas distâncias, os autores propõe influência tectônica sobre a evolução do ambiente. A separação do lado leste da Ilha do Marajó do restante do continente teria ocorrido, segundo os autores, por movimentos

tectônicas relacionadas à captura do rio Tocantins por falhas de direção NE, as quais teriam interrompido o influxo fluvial e causado o abandono do estuário.

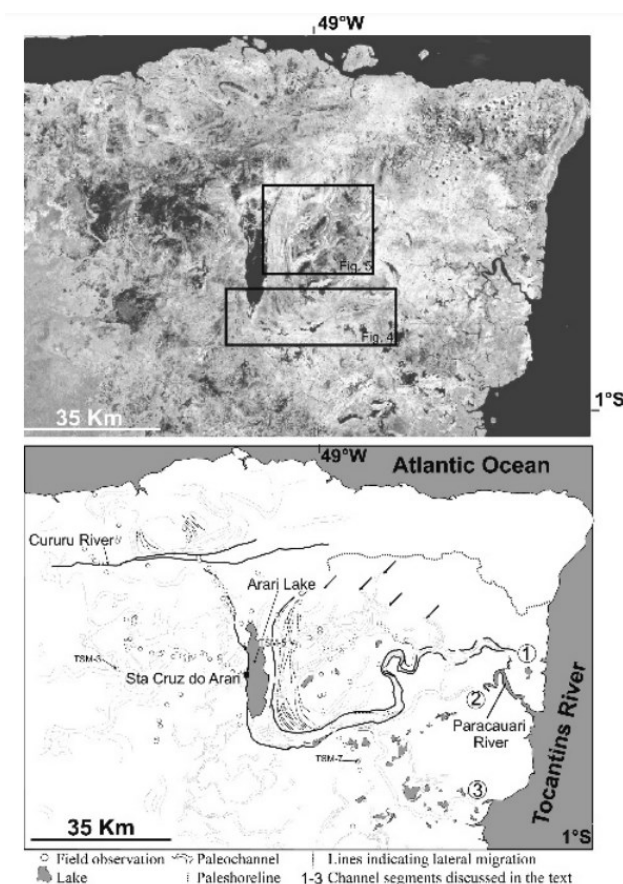


Figura 4 - Composição ternária R(5), G(4), e B(3) de Landsat com indicação de feições morfológicas de um paleoestúário com terminação ao sul em um sistema fluvial. Extraído de Rossetti et al. (2007a).

Rossetti *et al.* (2007b) também discutem a significância do tectonismo sobre a Ilha do Marajó, que aponta para canais com evidências de controle tectônico e depósitos sedimentares com estruturas de deformação tectônica. Em testemunhos de sondagem e em afloramentos, são descritas estruturas de deformação dúcteis – dobras convolutas, dobras ptigmáticas, *ball-and-pillow*, e lentes e ondulações *oversteepened* – e rúpteis – falhas e fraturas em microescala. Os autores sugerem que as falhas desenvolvidas em associação com a bacia rifte foram reativadas durante o Quaternário.

Miranda *et al.* (2009), a partir de um estudo realizado no testemunho utilizado no presente trabalho, interpretaram 7 estágios de deposição. Os autores sugerem deposição fluvial entre 40.950 (\pm 590) e 50.795 anos AP; subida do nível relativo do mar com transgressão completa até 29.340 (\pm 340) anos AP, resultando em ambiente com grande influência marinha, seguida por queda do NRM e incisão fluvial; até 10.479 (\pm 34) anos AP, subida lenta do nível do mar e preenchimento do vale com depósitos estuarinos; e após 10.479 (\pm 34) anos AP, substituição do estuário por ambiente lagunar.

3.1.3 Geomorfologia e hidrografia

A Ilha do Marajó está situada entre a foz do Rio Amazonas e o estuário do Rio Pará, e tem sua costa banhada pelo Oceano Atlântico (Derby, 1898). De acordo com Dantas & Teixeira, a ilha é separada do continente por “uma complexa rede interligada de canais (furos e paranás), ressaltando-se o furo de Breves no rio Pará, que conecta o complexo ambiente deltaico-estuarino da foz do rio Amazonas e a baía de Guajará na desembocadura do rio Tocantins”.

Lima *et al.* (2005) subdividem a Ilha do Marajó em dois setores com características hidrográficas e climatológicas distintas: Marajó Ocidental e Marajó Oriental. A porção ocidental é composta pelas bacias dos rios Anajás, Pracuúba e Canaticú. São representadas por um “emaranhado de furos, paranás e igarapés”, que durante as cheias, são completamente interligados. A porção oriental, composta pelas bacias dos rios Arari, Paracuari, Camará e Atua, apresenta cursos d’água que drenam em direção à Foz do Rio Amazonas e ao Oceano Atlântico.

O padrão de distribuição da salinidade na superfície da água do mar ao longo da costa do Pará reflete o transporte a noroeste das águas do rio Amazonas e Pará pela Corrente do Norte do Brasil. Apenas na região nordeste da Ilha são registradas inundações por águas salinas de marés, que apresentam salinidade máxima de 5‰ durante a estação seca (Cohen *et al.*, 2008).

3.1.4 Clima

A porção ocidental da Ilha do Marajó, de acordo com a classificação de KOPPEN, apresenta clima tropical úmido, com mês menos chuvoso tendo precipitação média maior ou igual a 60 mm. A temperatura média anual é inferior a 26°C e a precipitação pluviométrica anual média varia de 2500 a 3500 mm, chegando a valores maiores que 4000 mm no extremo noroeste. No período mais seco, a precipitação média anual é maior que 800 mm. A umidade relativa do ar anual média é maior que 94% e a evaporação anual média varia de 1000 a 14000 mm (Lima *et al.*, 2005).

No Marajó Oriental, o clima é tropical úmido de monção, com precipitação excessiva durante alguns meses que compensam a ocorrência de um ou dois meses com precipitação inferior a 60mm. As temperaturas médias anuais são maiores que 27°C, precipitações médias anuais variam de 2500 a 3000 mm e a evaporação varia de 1500 a 1800 mm. Na porção central desta área, onde está localizado o Lago Arari, a umidade relativa do ar é inferior a 90% (média anual), e as estações de Santa Cruz do Arari registram precipitação anual média de 2500 mm. No extremo oriental, a precipitação anual média chega a valores inferiores a 2500 mm, o período menos chuvoso apresenta valores inferiores a 500 mm (média anual) e a umidade relativa do ar (média anual) é em torno de 93% a 94%. (Lima *et al.*, 2005).

3.2 Bacia do Rio Amazonas

Mapa da Bacia do Rio Amazonas, mostrando os principais rios e os limites dos países. A bacia é destacada em verde, e os rios principais em azul. O mapa inclui uma escala de 0 a 400 km e uma seta indicando o norte.

LEGENDA

- Principais rios
- Limites de países
- Bacia do Rio Amazonas

De acordo com Meade (1991), dois tipos de sedimentos dominam a deposição na plataforma continental na foz do rio Amazonas: (1) sedimentos derivados do rio Amazonas, caracterizados por areia subarcósea angular, com alta concentração de minerais pesados e argila rica em illita; e (2) sedimentos da plataforma ao Sul do rio Amazonas, que contém areias ortoquartzíticas, baixa concentração de minerais pesados estáveis e argila rica em caolinita. Os sedimentos imaturos (1) sugerem derivação de fontes andinas (Gibbs, 1967), enquanto os sedimentos maduros (2) derivam de rios que drenam florestas tropicais de baixa altitude da Bacia Amazônica, como o Rio Pará, e de áreas adjacentes.

Gibbs (1967) demonstra que a composição de feldspato-quartzo que é transportado até o Oceano Atlântico pelo rio Amazonas é muito semelhante à composição dos tributários de ambiente montanhoso devido à alta concentração de material em suspensão e as taxas de erosão de feldspato-quartzo resultante. De acordo com Meade (1991), as áreas andinas formam as principais fontes de arenitos arcóseos depositados durante os períodos glaciais.

3.3 A Bacia do Rio Tocantins-Araguaia

A bacia do Rio Tocantins-Araguaia (Figura 6) apresenta área de drenagem em torno de 918.822 km², distribuída entre as regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste do Brasil (ANA, 2009). Os principais cursos d'água são os rios Tocantins e Araguaia, que se unem e deságuam na Baía do Marajó.



Figura 6 - Bacia hidrográfica do rio Tocantins-Araguaia. Fonte: Autoral.

O rio Tocantins apresenta aproximadamente 2400 km de extensão e as nascentes dos seus tributários estão localizadas no planalto de Goiás, a cerca de 1000 metros de altitude. Antes da confluência com o rio Araguaia, o rio possui área de drenagem em torno de $3,06 \times 10^6$ km². O trecho superior do rio possui características de rio de planalto, enquanto a porção intermediária e inferior apresenta características de rio de planície. O rio Araguaia, por sua vez, apresenta 1670 km de extensão, com área de captação em torno de $3,85 \times 10^6$ km² e descarga média anual de 6500 m³/s. As nascentes estão localizadas na Serra do Caiapó, entre o estado de Goiás e Mato Grosso, a cerca de 850 metros de altitude. O rio possui em sua maior parte características de rio de planície (ANA, 2009).

Os rios drenam áreas do cráton da Amazônia (12% da área total), São Luiz (0,1%) e São Francisco (2%), rochas ígneas e metamórficas da Província Tocantins (28%), e rochas das bacias sedimentares do Amazonas, Parnaíba, Paraná, São Francisco e Parecis (30%)

(ANA, 2009). Enquanto o Rio Amazonas apresenta concentração de sedimentos em suspensão em torno de 149.33 mg/L (Guyot *et al.*, 2005), o rio Tocantins apresenta 8.84 mg/L (Lima *et al.*, 2004).

3.4 Fundamentos da luminescência opticamente estimulada

A sensibilidade dos sinais de luminescência opticamente estimulada (OSL) e termoluminescência (TL) de certos minerais, principalmente quartzo e feldspato, tem sido amplamente utilizada para datação (Rhodes, 2011) e análise de proveniência e história sedimentar (Sawakuchi *et al.*, 2018; Gray *et al.*, 2019; Mendes *et al.*, 2019; Souza *et al.*, 2023) de sedimentos quaternários. A propriedade de emitir luz quando os minerais são estimulados opticamente ou termicamente está relacionada com a capacidade de armazenar cargas em armadilhas geradas por defeitos cristalinos ou impurezas atômicas. A interação de átomos com a radiação ionizante cria cargas livres, e parte delas são capturadas e armazenadas nas armadilhas. A exposição à luz ou ao calor esvazia as armadilhas e recombina as cargas, emitindo luz. Deste modo, a luminescência é utilizada como um proxy para a concentração de pares de elétrons/buracos livres (Gray *et al.*, 2019).

Gray *et al.* (2018) utilizaram um leitor portátil de luminescência para medir o número total de fótons emitidos por amostras durante o estímulo por diodos emissores de luz (LEDs) azuis (BOSL) e infravermelhos (IRSL), e apontou para o potencial uso dos leitores portáteis como ferramenta de perfil de idade para colunas estratigráficas.

Sawakuchi *et al.* (2020) destacam o potencial uso de leitores portáteis de sinais de BOLS e IRLS para análises de proveniência, uma vez que os sinais podem ser obtidos por estimulação luminosa à temperatura ambiente (20°C). Mudanças quantitativas dos sinais de OSL e IRSL podem estar ligados a proveniência sedimentar e a taxas de denudação, os quais podem acompanhar mudanças de precipitação e configuração da rede de drenagem (Mendes *et al.*, 2019; Sawakuchi *et al.*, 2018). Sawakuchi *et al.* (2018) demonstram a possibilidade de diferenciar a proveniência de sedimentos andinos e de Escudo no rio Amazonas a partir da sensibilidade do quartzo.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Sensoriamento remoto

Imagens geradas por sensoriamento remoto e dados geológicos vetoriais foram utilizados para reconstruir a paleogeomorfologia dos ambientes deposicionais da área de estudo a partir da análise de elementos estruturais e hierarquização de superfícies. Foram utilizados dados vetoriais do projeto Geodiversidade do Estado do Pará (João *et al.*, 2013), adquiridos no portal virtual do Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), para caracterização territorial e geológica da área de estudo. Modelos digitais de elevação *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) da NASA, adquiridos através do EarthExplorer (EE), e *Forest And Building removed*

Copernicus DEM (FABDEM V1-2), foram processados no software ENVI para obtenção de mapas de relevo sombreado.

Através da plataforma digital *Copernicus Data Space Ecosystem* foram adquiridas imagens geradas pelo sensor *Multispectral Imager* (MSI) a bordo dos satélites Sentinel-2A e Sentinel 2B, com níveis de processamento 1C e 2A. As bandas da luz visível e infravermelho próximo apresentam resolução espacial de 10 metros e, as demais bandas do infravermelho utilizadas, 20 metros. Também foram utilizadas imagens geradas pelo sensor *Operational Land Imager* (OLI) a bordo dos satélites Landsat 8 e 9, as quais foram adquiridas pela ferramenta EarthExplorer (EE) do *United States Geological Survey* (USGS). As bandas utilizadas apresentam resolução espacial de 30 metros e compreendem o espectro visível, infravermelho próximo (NIR) e infravermelho de onda curta 1 (SWIR-1) e 2 (SWIR-2). As imagens foram processadas no ENVI através da análise de principais componentes e combinações de bandas, as quais geraram diferentes imagens composicionais que realçaram lineamentos, ambientes deposicionais, corpos d'água, dentre outras estruturas.

4.2 Testemunho sedimentar

O testemunho sedimentar (FSM-1) foi coletado na Fazenda Santa Helena, a 2 km a sudoeste de Santa Cruz do Arari, nas coordenadas: -49,18249; -0,68166 (WGS,1984), na Ilha do Marajó. O material consiste em um testemunho contínuo de 120 m de profundidade e 64 mm de diâmetro obtida pelo sistema de sondagem rotativa LONGYAR 40. A perfuração foi financiada pelo projeto *Integração de dados Biológicos e Geológicos no Baixo Tocantins – Ilha do Marajó: Chave na Análise da Biodiversidade* (Processo FAPESP 2004/15518-6), vigente de 2005 a 2008 e coordenado pela Dra. Dilce de Fátima Rossetti. Idades obtidas por datação radiocarbono de 13 amostras deste testemunho, realizadas por Miranda et al. (2009), foram utilizadas para o controle cronológico do depósito (Tabela 1). As cinco amostras mais jovens (SM-1-72, SM-1, SM-78, SM-10 e SM1-134) tiveram as idades calibradas para 2-sigma. As idades das amostras SM-1 e SM-78 foram desconsideradas pelos autores devido ao possível retrabalhamento da matéria orgânica, e a amostra SM-1-198 devido ao possível rejuvenescimento do carbono.

Tabela 1 - Idades 14C do testemunho FSM-1 (Extraído de Miranda et al., 2009).

Amostra	Profundidade (m)	Idade convencional anos AP	Calibração 2-sigma (cal AP)
SM-1-72	1,3	3.940±40	4.510-4.470; 4.450-4.250
SM-1	3,0	8.981±33	10.114-10.239
SM-78	5,6	8.370±55	9.490-9.280
SM-10	7,5	7.900±40	8.980-8.820; 8.800-8.600
SM-24	17,5	10.489±34	12.364-12.674
SM1-134	33,0	29.340±200	-
SM-36	45,0	35.567±649	-
SM-60	57,0	39.079±1114	-
SM-1-172	61,0	39.210±990	-
SM-1-189	77,0	70.950±590	-
SM-1-198	89	40.050±550	-
SM-1-206	93,20	50.795±5090	-
SM-1-214	124	>40.200	-

4.3 Análise de fácies sedimentares

A metodologia para análise de fácies do testemunho é baseada em Walker (1992), James & Dalrymple (2010) e Miall (1990, 2022). O procedimento adotado foi dividido nas seguintes etapas: (i) Descrição do testemunho sedimentar, (ii) Subdivisão da sucessão em fácies sedimentares, (iii) Dedução dos processos responsáveis pelas fácies, (iv) Combinação das fácies em associações e/ou sucessão de fácies, e (v) Dedução dos ambientes deposicionais para cada sucessão e/ou associação de fácies.

A etapa inicial consiste na subdivisão da seção em unidades descritivas internamente homogêneas, cada qual apresentando uma distinta assembleia de características, sendo elas: litologia, mineralogia, granulometria, forma dos grãos, cor, espessura da unidade, estruturas sedimentares e fósseis. Por se tratar de testemunho de sondagem, a descrição foi realizada detalhadamente, em uma tentativa de maximizar o uso das informações, uma vez que a quantidade de material é restrita.

O testemunho sedimentar foi examinado com lupa de mão de aumento de 10x e 20x, cartão granulométrico, régua e trena, e as características sedimentológicas foram registradas em fichas de formato *log* gráfico em função da profundidade, utilizando códigos e símbolos para as estruturas e texturas das unidades descritivas. Os sedimentos foram classificados quanto ao tamanho e forma dos grãos pela comparação visual com o cartão granulométrico, cujos parâmetros são: granulometria modal, grau de seleção, grau de arredondamento e grau de esfericidade.

4.4 Análise granulométrica por difração de laser

Foram coletados cerca de 10 a 15 gramas de sedimentos de 37 amostras para a análise granulométrica por difração de laser ao granulômetro Malvern Mastersizer 2000

utilizando o acessório Hydro 2000MU (Figura 7a). A preparação e análise das amostras foram realizadas no Laboratório de Sedimentologia (LABSED) do Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental (GSA) do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP) e seguiram as normas descritas pelo Manual de Procedimentos Analíticos do LABSED (LABSED, 2004) e pelo manual de utilização do HYDRO 2000MU da Malvern (Malvern Instruments, 2007), respectivamente.

O protocolo de preparação das amostras está descrito na Tabela 2. O tratamento foi conduzido para uma quantidade menor de amostra, cerca de 5 a 10 gramas (Figura 7b). Foi utilizado peróxido de hidrogênio para remoção da matéria orgânica, e pirofosfato de sódio ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) para dispersão de grãos de lama durante a leitura. O material foi despejado no béquer de medição do Malvern até atingir a obscuração necessária para realização da leitura. O restante do material não-utilizado foi guardado para possíveis análises futuras.



Figura 7 - a) Análises granulométricas realizadas no granulômetro Malvern Mastersizer 2000 com Hydro 2000MU. b) Amostras em tubo Falcon de 50 mL submetidas ao tratamento prévio à análise granulométrica.

Tabela 2 - Protocolo de preparação das amostras para análise granulométrica.

Etapa	Descrição
1	Secar a amostra a cerca de 50°C por 12 horas na estufa;
2	Desagregar a amostra brandamente com almofariz e pistilo de porcelana;
3	Quartear a amostra e colocar em tubo <i>falcon</i> ;
4	Cobrir a amostra com peróxido de hidrogênio (H_2O_2) 50 vol e agitar manualmente até cessar a reação;
5	Preencher o tubo <i>falcon</i> com água destilada;
6	Centrifugar até o material decantar totalmente e remover a água; repetir o processo mais duas vezes;
7	Secar a amostra a cerca de 50°C por 24 horas na estufa;
8	Desagregar a amostra brandamente com almofariz e pistilo de porcelana
9	Quartear a amostra e despejar a alíquota no HYDRO 2000 do Malvern até atingir a obscuração exigida pelo equipamento; adicionar 5 gotas de pirofosfato de sódio.

4.5 Análise morfológica de quartzo

As amostras para esta etapa foram disponibilizadas pela Doutoranda Cláudia de Oliveira Rodriguez e as análises foram conduzidas no Laboratório de Petrografia Sedimentar

(LABPETRO) do IGc-USP. Para cada amostra, foram selecionados aleatoriamente cerca de 30 grãos com tamanho entre 0,125-1,0 mm, os quais foram dispostos em uma placa transparente com o menor eixo axial aproximadamente perpendicular à placa. A aquisição da imagem foi feita com a câmera MC170HD, com resolução de 5 megapixels, acoplada à Lupa binocular Carl Zeiss – Stemi SV.11 (Figura 8a). A imagem foi capturada em contraluz, sendo que o maior eixo de cada grão era maior que 100 pixels (Figura 8b). Posteriormente, as imagens foram transferidas para o ImageJ e processadas como imagem binária para o cálculo da circularidade (C) e proporção do grão (AR) (Figura 8c).

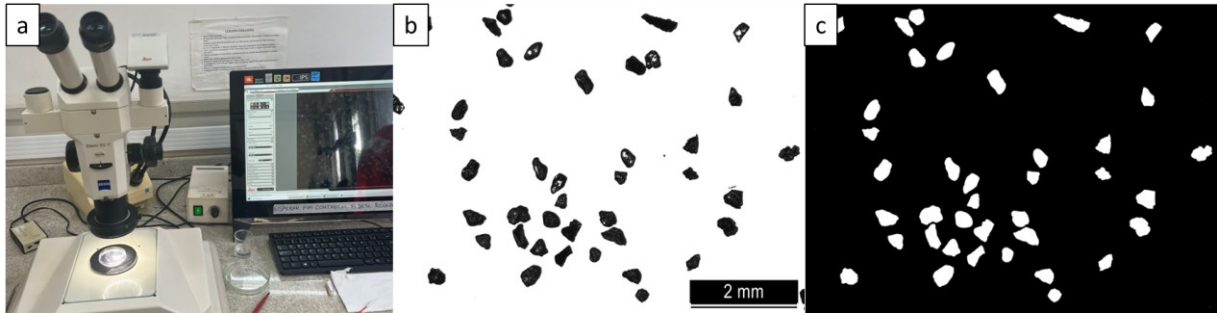


Figura 8 - a) Aquisição de imagem no LABPETRO. b) Imagem capturada em contraluz. c) Imagem binária processada no ImageJ.

A morfologia dos grãos de quartzo das amostras foi investigada pelo método quantitativo proposto por Takashimizu & Iiyoshi (2016), o qual define um parâmetro de arredondamento denominado R, que consiste na circularidade corrigida pela proporção do grão. O parâmetro R é calculado pela seguinte expressão:

$$R = C_I + (0,913 - C_{AR})$$

Onde C_I representa a circularidade calculada pelo ImageJ e C_{AR} é a circularidade obtida pelo polinômio de sexto grau a partir de AR_I .

$$C_{AR} = 0.826261 + 0.337479 \cdot AR_I - 0.335455 \cdot AR_I^2 + 0.103642 \cdot AR_I^3 - 0.0155562 \cdot AR_I^4 \\ + 0.00114582 \cdot AR_I^5 - 0.0000330834 \cdot AR_I^6$$

4.6 Luminescência opticamente estimulada

4.6.1 Obtenção e preparação das amostras

As amostras foram preparadas no Laboratório de Espectrometria Gama e Luminescência (LEGaL) do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP), sob luz âmbar suave e à temperatura ambiente - cerca de 20°C. Foi coletado material do interior das amostras, que não havia sido exposto à luz. As amostras foram desagregadas brandamente utilizando almofariz e pistilo de porcelana. Em seguida, foram armazenadas em frascos envoltos por papel alumínio, os quais foram colocados em um saco plástico opaco para evitar a exposição à luz durante o transporte.

4.6.2 Leitor OSL portátil de bancada

O leitor de luminescência opticamente estimulada (Figura 9a) desenvolvido pelo Prof. Dr. Vinícius Ribau Mendes, do Instituto do Mar da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp/Baixada Santista), permite quantificar a luminescência de testemunhos sedimentares de forma rápida e em maior resolução. O equipamento utiliza fontes de luz infravermelho e azul para estimular a amostra e uma fotomultiplicadora para quantificar os fótons emitidos pela amostra durante o estímulo. Os dados obtidos consistem em um gráfico de contagem de fótons em função do tempo (Figura 9b).

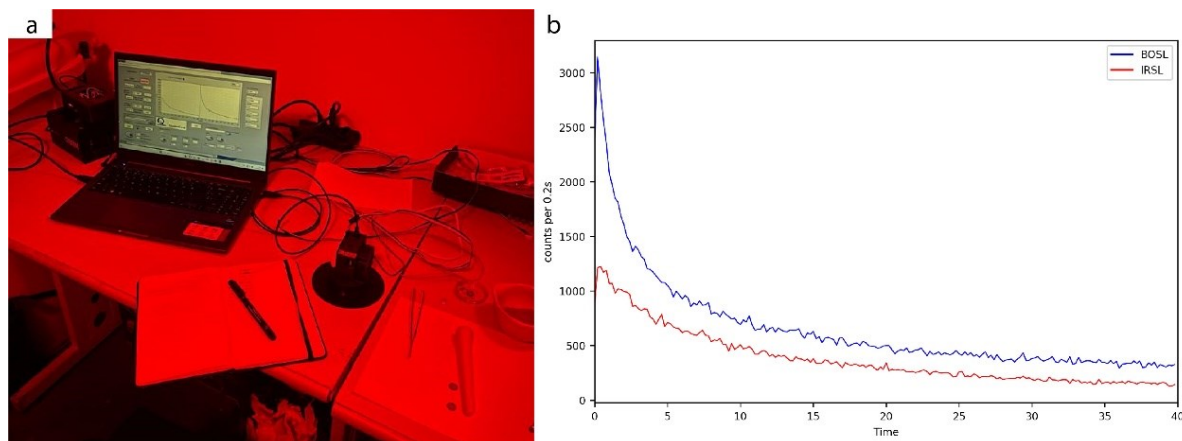


Figura 9 - (a) Leitor OSL portátil de bancada. (b) Gráficos de contagem de fótons em função do tempo de estimulação por LED azul (BOSL) e infravermelho (IRSL)

O equipamento foi manuseado no Laboratório de Datação e Dosimetria, do Instituto do Mar, sob fraca luz vermelha, para permitir a análise da luminescência natural. Uma vez que foram coletadas amostras discretas para a análise, o equipamento foi adaptado para fazer a leitura individual das amostras em um copo de amostra de aço inoxidável de 11,65mm de diâmetro da marca Risø. O protocolo de análise (Tabela 3) foi adaptado de Mendes *et al.* (2019) e Sawakuchi *et al.* (2018, 2020).

Tabela 3 - Protocolo de leitura dos sinais OSL e IRSL pelo escâner.

Etapa	Procedimento	Tempo (s)
1	Estimulação por LED infra-vermelho (medida de IRLS) a temperatura ambiente (25°C)	40
2	Pausa	1
3	Estimulação por LED azul (medida de BOLS) a temperatura ambiente (25°C)	40

Os parâmetros estimados foram: sinais de IRLS do feldspato ($IRSL_I$), intensidade do componente rápido ($BOSL_F$) do quartzo, razão da sensibilidade do quartzo ($\%BOSL_F$), e a razão $IRSL_I/BOSL_F$. O sinal $IRSL_I$ foi estimado pela integral do primeiro segundo de emissão IRLS da etapa 1; $BOSL_F$ do quartzo foi estimada pela integral do primeiro segundo de emissão da etapa 3; e $\%BOSL_F$ será calculada dividindo $BOSL_F$ da etapa 3 pelo sinal total ($BOSL_T$) obtido na etapa 3 (Sawakuchi *et al.*, 2018). As medições de $BOSL_F$, $BOSL_T$ e $IRSL_I$ terão a emissão de fundo (*background*) corrigida pela subtração do valor da emissão média dos últimos 10 segundos. Foram realizadas leituras de três alíquotas para cada amostra e, então, calculados o valor médio e desvio padrão para cada parâmetro.

5 RESULTADOS

5.1 Caracterização geomorfológica

Diversos elementos arquitetônicos foram identificados na área de estudo, sendo eles associados a ambientes fluviais, estuarinos e costeiros (Figura 10). A principal morfologia que se destaca é uma forma afunilada, localizada sobre o lago Arari, orientada N-S, com sua parte mais estreita ao sul, a qual se assemelha a um paleoestúário. O lago Arari, que constitui a feição central desta morfologia, possui cerca de 22 km de comprimento e 6km de largura, sendo que pode variar de tamanho conforme as estações. Na margem direita desta morfologia em forma de funil, são observadas barras de acreção lateral, com convexidade voltada para Oeste, com barras que podem ter mais de 15 km de comprimento. Ao Sul, a morfologia afunilada termina em forma de canal, com cerca de 3 km de largura, sinuosa e com barras fluviais ao longo do canal, que se estende para a direção leste.

Canais abandonados foram identificados em praticamente todas as porções da área. Na porção sudoeste, são identificados paleocanais com direção preferencial NE-SW. Poucos canais são identificados pois a vegetação, que recobre principalmente a porção leste da ilha, dificulta a observação. Na porção sudeste, os paleocanais estão orientados principalmente na direção NW-SE. Ao passo que na porção leste, os paleocanais tendem a apresentar direção S-E/SW-NE.

Ao Norte do paleoestúário, observa-se uma paleolinha de costa orientada E-W. São identificados cordões litorâneos orientados preferencialmente na direção E-W, que indicam transporte para Oeste. Também são observados paleocanais, barras fluviais de acreção lateral, orientados preferencialmente E-W/SE-NW. Alguns destes canais aparentam possuir continuidade com os paleocanais observados nas atuais ilhas fluviais ao nordeste da área. Próximo à linha de costa atual, no Nordeste da Ilha, foram identificados diferentes séries de cordões litorâneos.

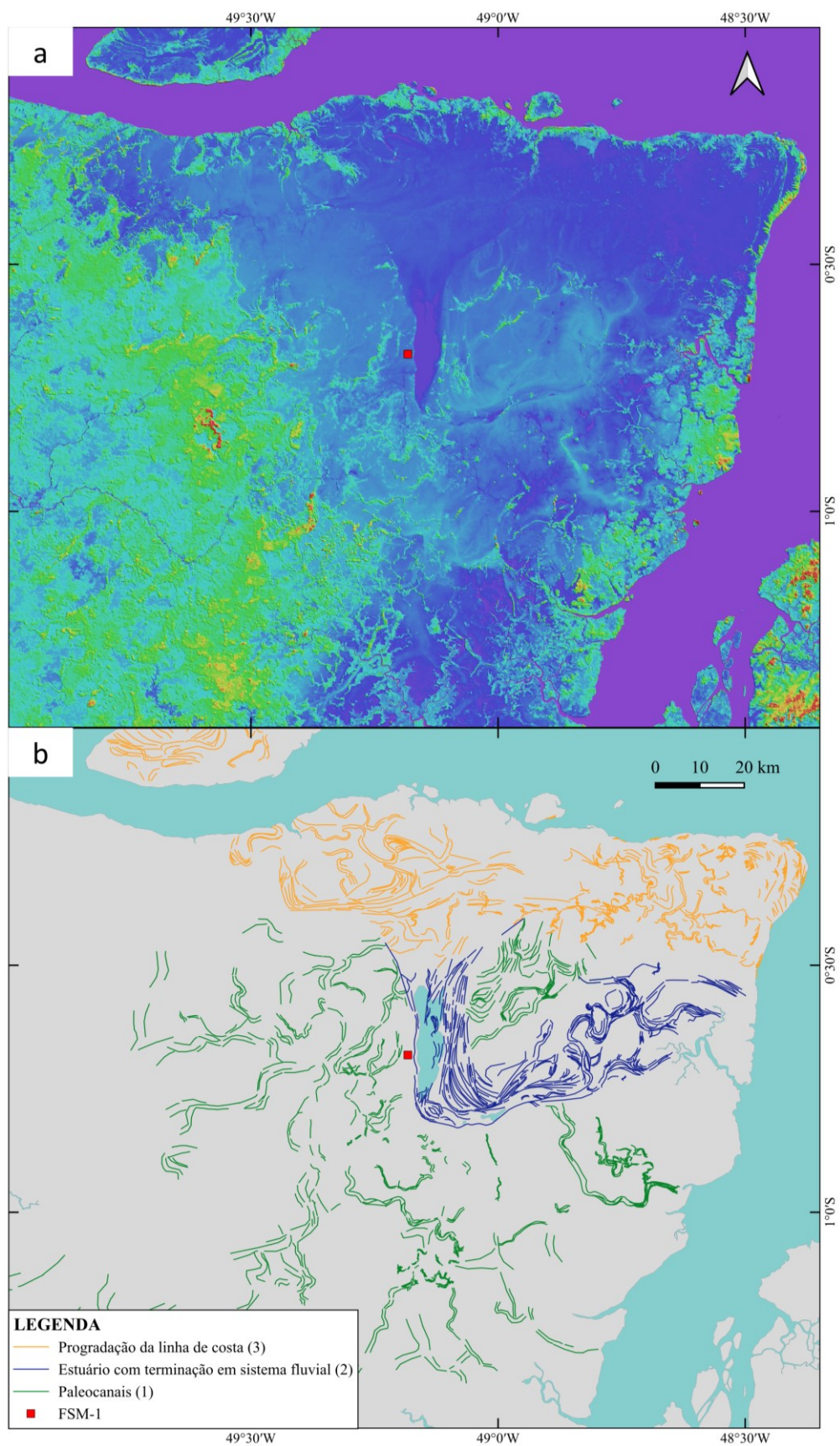


Figura 10 - a) Imagem FABDEM processada para ressaltar contrastes de relevo. b) Elementos arquiteturais e morfológicos de ambientes sedimentares da Ilha do Marajó. Paleocanais (1) são truncados por um paleoestuário com terminação ao sul em um sistema fluvial (2). O evento seguinte é representado pela progradação da linha de costa (3) com paleocanais e cordões litorâneos.

5.2 Análise morfológica do quartzo

Os valores do parâmetro R calculados para as amostras estão representados na Figura 11. Para todas as amostras, os valores de R calculados estão entre 0,7 e 0,9. Os resultados são inconclusivos, uma vez que não é possível observar uma dispersão entre os valores calculados.

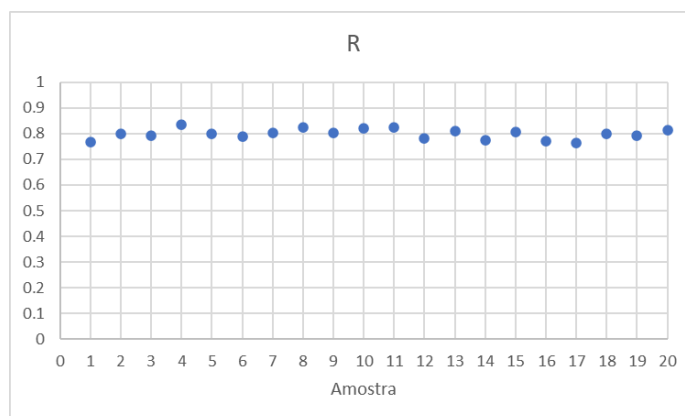


Figura 11 - Parâmetro R calculado para as amostras.

5.3 Análise granulométrica

Na Figura 12 estão representados os valores calculados da porcentagem cumulativa de areia, silte e argila, diâmetro médio, desvio padrão, assimetria e curtose das amostras analisadas em função da profundidade.

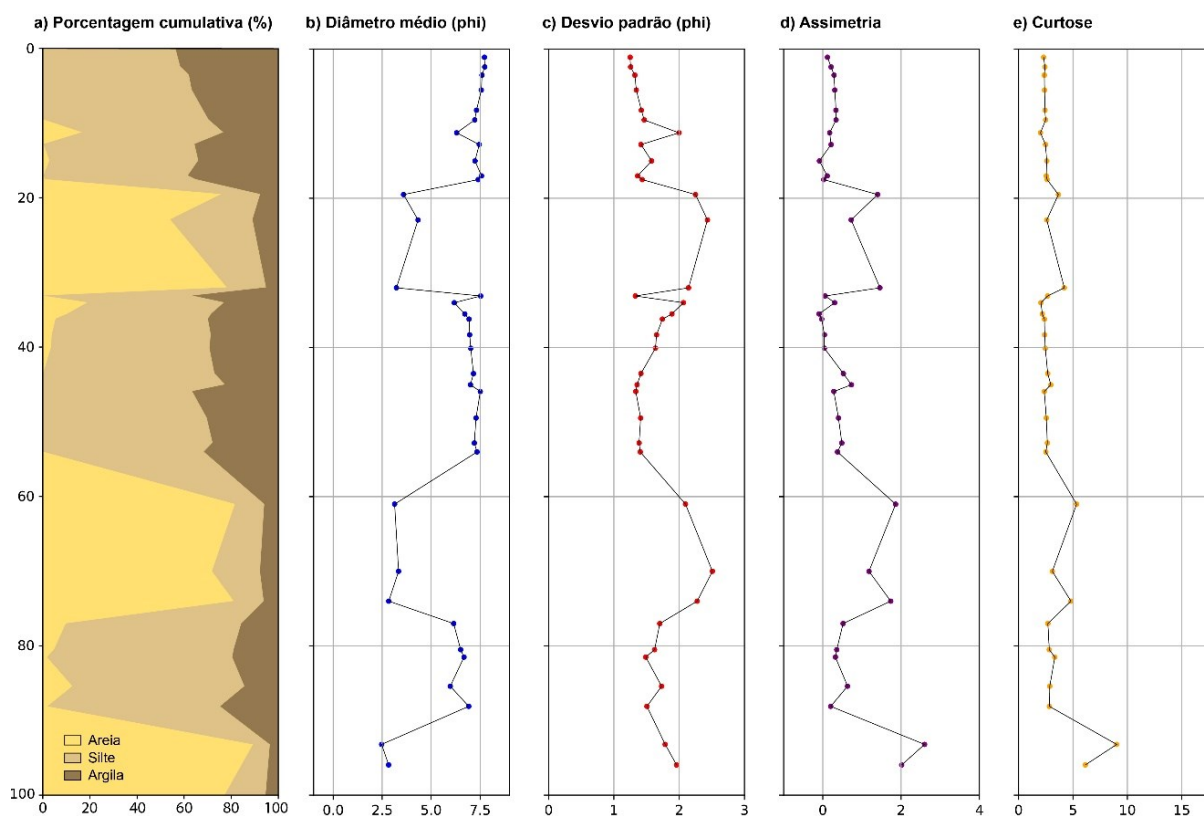


Figura 12 - Resultados da análise granulométrica em função da profundidade (m) – (a) Porcentagem cumulativa de areia, silte e argila, (b) Diâmetro médio (phi), (c) Desvio padrão (phi), (d) Assimetria, (e) Curtose.

5.4 Análise de fácies e processos deposicionais

O testemunho foi subdividido em 9 fácies sedimentares (Tabela 4). Na Figura 13 é apresentado o resultado da descrição do testemunho sedimentar. No Apêndice A são apresentadas as fichas de descrição do testemunho.

Tabela 4 - Descrição das fácies sedimentares do testemunho FSM-1.

Código	Descrição da fácies	Interpretação dos processos
<i>Ai</i>	Areia fina a média, com matéria orgânica carbonizada e intraclastos de lama. Pode apresentar laminação plano-paralela e laminação cruzada de baixo ângulo.	Transporte por tração em regime de fluxo inferior, por formas de leito de baixa amplitude e <i>ripples</i> (Bridge, 2003; Miall, 2016, p.106).
<i>Hv</i>	Depósitos heterolíticos laminados de lama de cor cinza claro e cinza escuro, com laminação de areia subordinada e bandas avermelhadas oxidadas. Apresenta laminação plano-paralela. As camadas estão deformadas plasticamente e apresentam falhas inversas.	Deposição por decantação com alternância entre decantação e tração. As bandas oxidadas indicam exposição dos sedimentos acima da zona vadosa.
<i>Fs</i>	Folhelho siltoso com lâminas de cor cinza claro e cinza escuro. Apresenta laminação regularmente espaçadas.	Deposição por decantação em situações de água estagnada ou com corrente muito fraca.
<i>Hwf</i>	Depósitos heterolíticos com laminações <i>flaser</i> e <i>wavy</i> de lama e areia muito fina. As laminações de areia apresentam cor amarela- clara e matéria orgânica carbonizada, enquanto as camadas de silte são de cor cinza e cor arroxeadas (indicando oxidação). É observada laminação cruzada acanalada e laminação plano-paralela. As camadas estão deformadas plasticamente.	Deposição por alternância entre processos de decantação e tração.
<i>Ad</i>	Areia muito fina a média com lentes de lama. As camadas de areia apresentam intraclastos de lama, <i>ripples</i> assimétricas e marcas de onda. Estão deformadas plasticamente.	Deposição de areia por tração, ocasionalmente com topo de camadas retrabalhadas por fluxo oscilatório.
<i>Fr</i>	Folhelho siltoso com lâminas de lama de cor cinza claro e cinza escuro, e com lâminas arroxeadas subordinadas. No topo há bioturbação vertical, matéria orgânica carbonizada e sulfetos.	Deposição por decantação em situações de água estagnada ou com corrente muito fraca, com substrato modificado por fauna bentônica.
<i>Foc</i>	Folhelho siltoso de cor ocre, cinza claro e cinza escuro. As laminações de cor ocre possuem formas arredondadas oxidados de cor ocre. Estão deformadas plasticamente.	Deposição por decantação em situações de água estagnada ou com corrente muito fraca. Alta atividade biológica de bactérias sulfato-redutoras (Pons <i>et al.</i> , 1982).
<i>Fmo</i>	Folhelho siltoso com lâminas de lama de cor preta e cinza claro rico em matéria orgânica. Predominam laminações escuras, possivelmente devido à quantidade de matéria orgânica. As laminações estão deformadas plasticamente.	Deposição por decantação em situações de água estagnada ou com corrente muito fraca, em ambiente rico em detritos orgânicos.

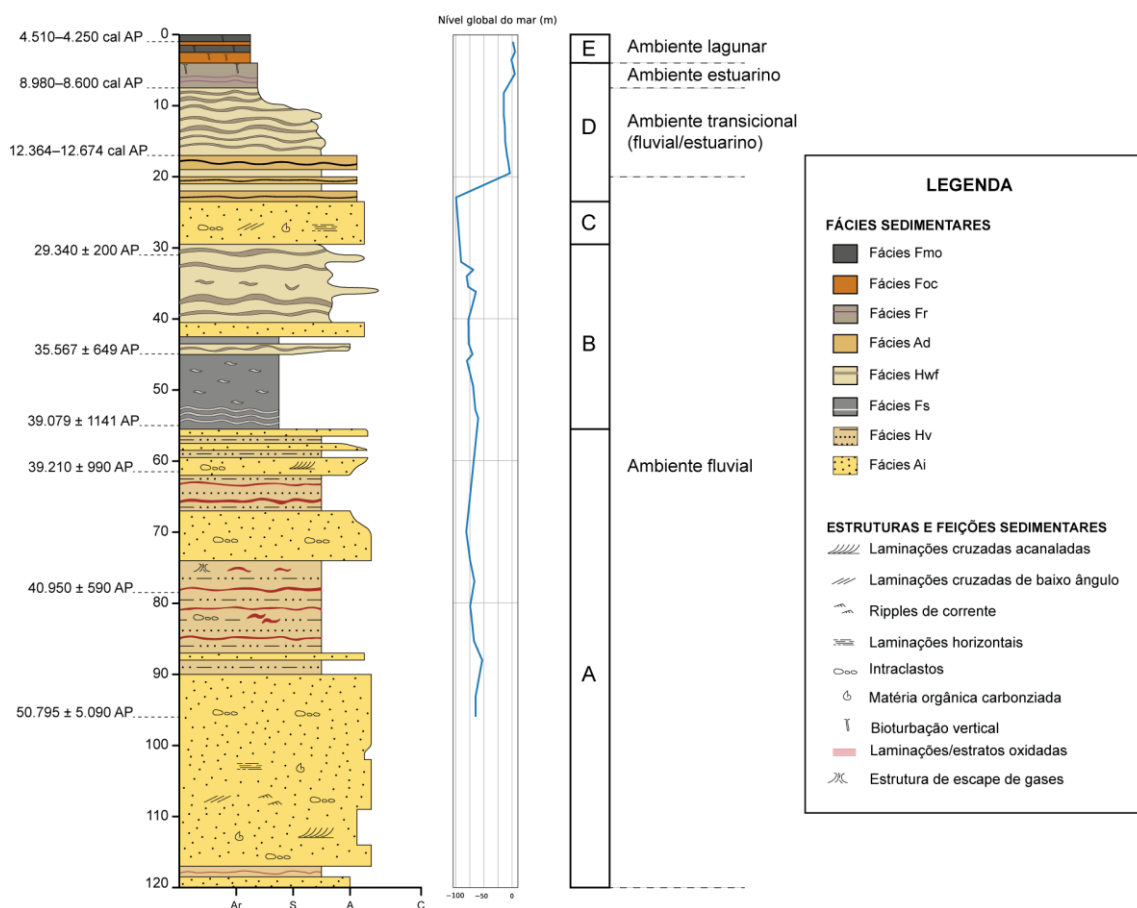


Figura 13 - Descrição do testemunho FSM-1.

5.4.1 Fácies Ai – Areia fina a média

A fácies Ai é constituída predominantemente por areia média a fina, com presença de intraclastos de lama e matéria orgânica carbonizada, laminação plano-paralela, laminação cruzada de baixo ângulo, laminação cruzada acanalada e marcas de onda assimétricas (Figura 14). Esta fácies predomina na porção basal do testemunho, isto é, entre 120 e 90 metros de profundidade, mas ocorrem em outras porções do testemunho. As estruturas sedimentares indicam deposição em regime de fluxo inferior sob formas de leitos de baixa amplitude e *ripples* (Bridge, 2003; Miall, 2016, p.106).



Figura 14 - Fácies Ai.

5.4.2 *Fácies Hv – Depósitos heterolíticos laminados de lama com laminações de areia subordinada e bandas avermelhadas*

É composta por laminação heterolíticas de lama com areia subordinada e bandas avermelhadas (Figura 15), que indicam oxidação. A fácies é recorrente na metade inferior do testemunho, com destaque para os intervalos de 89-75 metros e 68-62 metros, em que se observa apenas esta fácies. As camadas estão intensamente deformadas, apresentando dobras e falhas inversas milimétricas a centimétricas, sendo que estão concentradas nas camadas mais oxidadas e aparentam terem sido geradas durante a perfuração e coleta do testemunho. Nas camadas menos deformadas, é possível notar que há laminação plano-paralela e laminação lenticular de cor cinza claro entre as laminações de cor cinza escuro. Por vezes, há lâminas muito escuras ricas em matéria orgânica.

A laminação heterolítica plano-paralela de lama indica a deposição do sedimento por decantação. Menos recorrente, ocorre o transporte por tração, uma vez que são observadas lâminas arenosas. Marcas de onda assimétricas observadas indicam transporte por corrente. As camadas que apresentam oxidação indicam exposição acima da zona vadosa. Uma vez que estas camadas são recorrentes ao longo desta fácies, supõe-se que o ambiente esteve sujeito a variações no regime hidrológico.

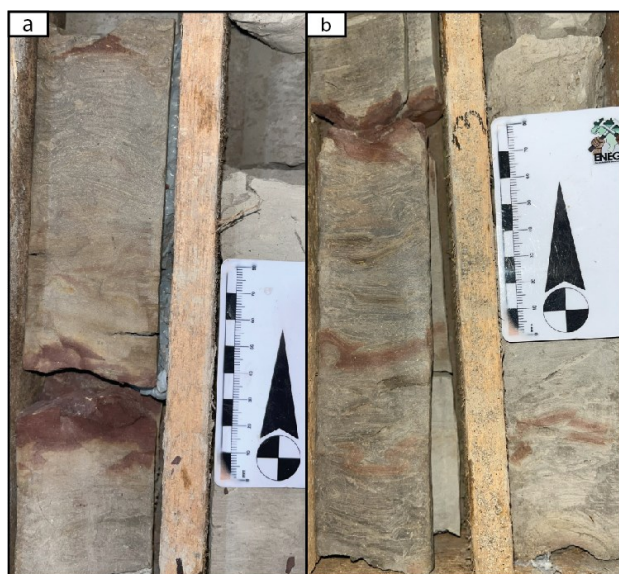


Figura 15 - Fácies Hv. (a) Observa-se horizonte avermelhado entre lâminas heterolíticas de lama de cor cinza claro e cinza escuro. (b) Lâminas heterolíticas de lama deformadas plasticamente e com falhas inversas. Observa-se camadas avermelhadas que indicam oxidação.

5.4.3 *Fácies Fs – folhelho siltoso*

A fácies Fs é caracterizada por lâminas muito finas de silte e argila de cor cinza-claro e cinza-escuro (Figura 16a) com intervalos regularmente espaçados (Figura 16b). As lâminas estão deformadas plasticamente e, por vezes, as camadas estão rompidas. Por vezes, há o predomínio de lâminas cinza-escuro em relação às lâminas cinza-claro. O processo de

deposição interpretado é decantação em situações de água estagnada ou com corrente muito fraca. As deformações podem ter sido geradas durante a perfuração e coleta do testemunho.

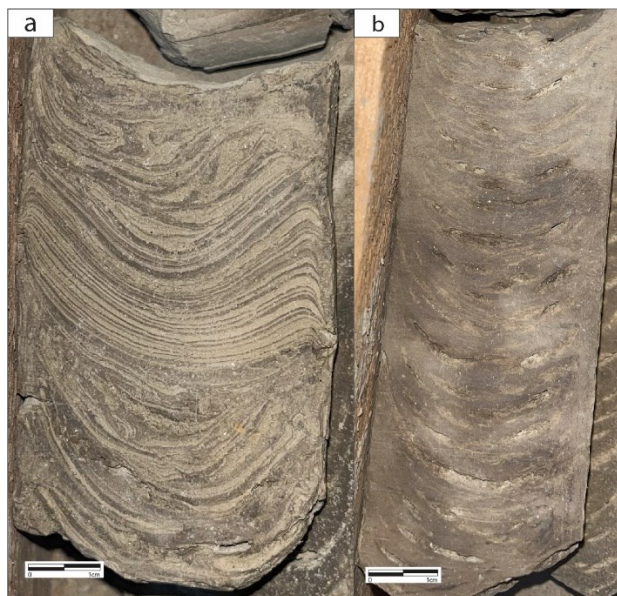


Figura 16 - Fácies *Fs*: (a) Folhelho siltoso com lâminas deformadas plasticamente. (b) Folhelho siltoso com predomínio de lâminas cinza-escuro regularmente espaçadas.

5.4.4 Fácies *Hwf* – Depósitos heterolíticos com laminação *flaser* e *wavy*

A fácies *Hwf* (Figura 17) é constituída por lâminas heterolíticas finas de lama e de areia muito fina. A espessura das camadas varia ao longo do testemunho, podendo chegar a espessuras centimétricas. Nas lâminas de areia são observadas formas onduladas simétricas, *ripples* de corrente, enquanto nas lâminas de lama predominam lâminas plano-paralelas, podendo inclusive apresentar lâminas de lama de tom avermelhado. As lâminas de areia também apresentam matéria orgânica carbonizada. As lâminas estão deformadas plasticamente e, assim, dificultam o reconhecimento das estruturas de deposição.

O processo responsável pela deposição desta fácies é interpretado como alternância entre transporte por tração em regime de fluxo inferior (deposição de areia) e decantação de lama. A proporção entre areia e lama varia ao longo das camadas. As deformações são interpretadas como artefato da perfuração e coleta do testemunho.

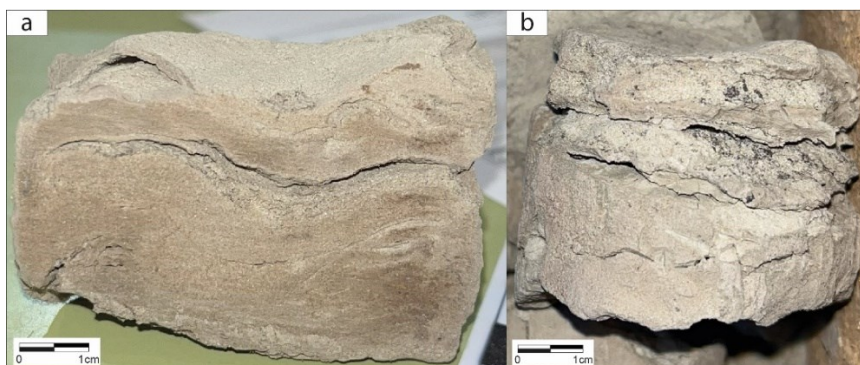


Figura 17 - Fácies *Hwf*: (a) Intercalação de laminações de lama e areia muito fina. As camadas estão deformadas plasticamente. (b) Intervalo com laminações mais espessas.

5.4.5 Fácies Ad – areia muito fina a média com lentes de lama

A fácies Ad é constituída por areia fina a média de cor ocre com lentes regularmente espaçadas de lama, as quais apresentam cor avermelhada (Figura 18). As camadas arenosas apresentam intraclastos avermelhados de lama. São observadas *ripples* de corrente recobertas por lâminas de lama (*drapes*). As camadas estão deformadas plasticamente. O processo associado é o transporte de areia por tração em regime de fluxo inferior intercalado com eventos de retrabalhamento dos sedimentos arenosos e decantação de lama.



Figura 18 - Fácies Ad.

5.4.6 Fácies Fr - Folhelho siltoso com lâminas de lama de cor cinza claro e cinza escuro, e com lâminas arroxeadas subordinadas.

A fácies Fr apresenta lâminas heterolíticas muito finas de lama de cor cinza claro e cinza escuro, e lâminas arroxeadas subordinadas (Figura 19a). As lâminas estão deformadas plasticamente e há falhas inversas, que podem ter sido geradas durante a perfuração e coleta do testemunho. No topo, há matéria orgânica carbonizada, bioturbações verticais e sulfetos (Figura 19b). A ocorrência de sulfetos sugere atividade de bactérias sulfato-redutoras (Pons *et al.*, 1982). Portanto, a fácies sugere deposição por decantação em situações de água estagnada ou com corrente muito fraca, com substrato modificado por fauna bentônica.

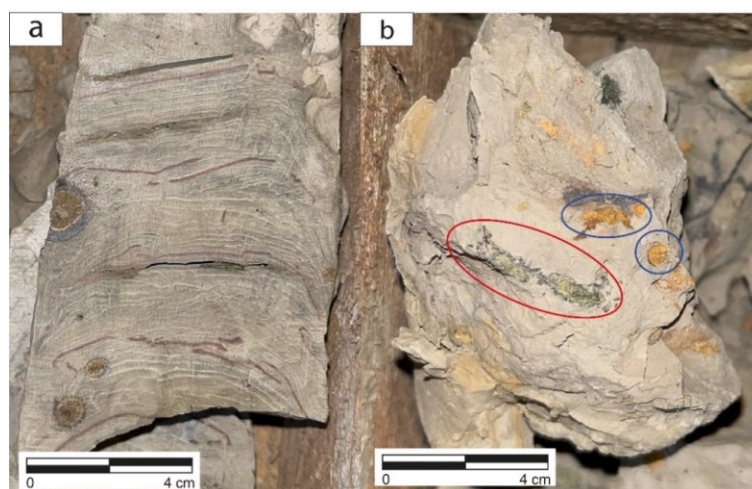


Figura 19 - (a) Fácies Fso com laminações heterolíticas de lama de cor cinza claro e cinza escuro com lâminas arroxeadas. As camadas estão deformadas plasticamente e, por vezes, rompidas. (b) Fácies Fso – no círculo vermelho está indicada a ocorrência de sulfeto e, nos círculos azuis, bioturbações.

5.4.7 *Fácies Foc - Folhelho siltoso com lâminas de cor ocre, cinza claro e cinza escuro*

A fácies *Foc* é composta por lâminas heterolíticas de lama de cor ocre, cinza claro e cinza escuro (Figura 20). Estão deformadas plasticamente, possivelmente geradas durante a perfuração e coleta do testemunho. As lâminas de cor ocre apresentam espessuras irregulares, estão deformadas e há estruturas circulares. Estas estruturas sugerem atividade de bactérias sulfato-redutoras (*Pons et al.*, 1982). A interpretação para o processo de deposição é decantação em situações de água estagnada ou com corrente muito fraca.



Figura 20 - Fácies *Foc*.

5.4.8 *Fácies Fmo - Folhelho siltoso rico em matéria orgânica*

A fácies *Fmo* apresenta lâminas heterolíticas de lama de cor cinza muito escuro e cinza claro (Figura 21). Predominam lâminas escuras, possivelmente devido à quantidade de matéria orgânica. As lâminas estão deformadas plasticamente, possivelmente representam artefato da perfuração e coleta do testemunho. Processo deposicional interpretado é decantação em situações de água estagnada ou com corrente muito fraca, em ambiente rico em detritos orgânicos.



Figura 21 - Fácies *Fmo*.

5.5 Análise de associações de fácies

O testemunho sedimentar foi subdividido em 5 associações de fácies, as quais tiveram os ambientes deposicionais interpretados (Tabela 5). A associação C, ao contrário das demais, é constituída apenas pela fácies *Ai*.

Tabela 5 - Associação de fácies e interpretação dos ambientes deposicionais.

Associação de fácies	Fácies	Intervalo (m)	Ambiente deposicional
A	<i>Ai</i> e <i>Hv</i>	120-58.35	Fluvial
B	<i>Fs</i> , <i>Hwf</i> e <i>Ai</i>	58.35-32.8	Fluvial
C	<i>Ai</i>	32.8-23.3	Fluvial
D	<i>Ad</i> , <i>Hwf</i> e <i>Fr</i>	23.3-2.5	Fluvial/estuarino
E	<i>Foc</i> e <i>Fmo</i>	2.8-0	Lagunar

5.5.1 Associação A

A associação de fácies A é constituída pelas fácies *Ai* e *Hv*, e ocorre no intervalo de 120-58.35 metros (Figura 22). As fácies ocorrem como ciclos granodecrescentes, os quais ciclos variam de espessura. O maior destes ciclos, entre as profundidades de 118-75 metros, apresenta fácies arenosa com cerca de 28 metros de espessura e, sobreposta a esta, fácies lamosa com cerca de 15 metros de espessura. Portanto, a tendência é que, durante o ciclo, o transporte predominante mude de tração para suspensão. Quanto às idades, não é possível estabelecer a idade máxima desta associação, uma vez que ultrapassaram o limite de 40.200 ¹⁴C anos AP para o método de datação. O limite inferior da associação apresenta idade em torno de 39 mil anos AP (Miranda *et al.*, 2009). Não é possível calcular uma taxa de sedimentação média confiável pois as idades se sobrepõem na margem de erro.

A partir das características descritas, a fácies *Ai* é interpretada como de preenchimento de canal fluvial devido grande aporte sedimentar. A fácies *Hv*, por sua vez, é interpretada como produto da decantação de sedimentos em suspensão sob regime de fluxo inferior em planície de inundação. Os ciclos granodecrescentes podem ser explicados pela migração lateral do canal na planície de inundação. Portanto, sugere-se ambiente fluvial para a associação de fácies A.

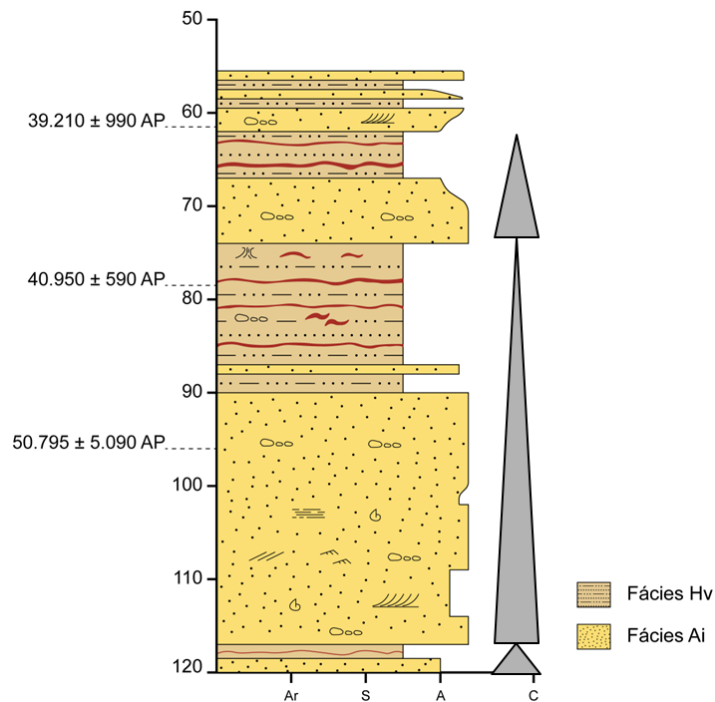


Figura 22 - Associação de fácies A. É constituída pelas fácies Ai e Hv. Os triângulos cinza escuros indicam ciclos com granodescrescência ascendente.

5.5.2 Associação B

É composta pelas fácies *Fs*, *Hwf* e *Ai*, e ocorre no intervalo de 58.35-32.8 metros (Figura 23). A deposição ocorreu entre 39-29 mil anos AP, aproximadamente (Miranda *et al.*, 2009). A mudança da associação A para a associação B é abrupta, mudando de fácies arenosa para as laminações heterolíticas muito finas da fácies *Fs*. A fácies *Hwf*, constituída por laminações heterolíticas finas de lama e de areia muito fina, ocorre na porção superior do intervalo. O contato inferior com a fácies *Fs* é gradual, de modo que ocorre um aumento da proporção de areia muito fina (Figura 17).

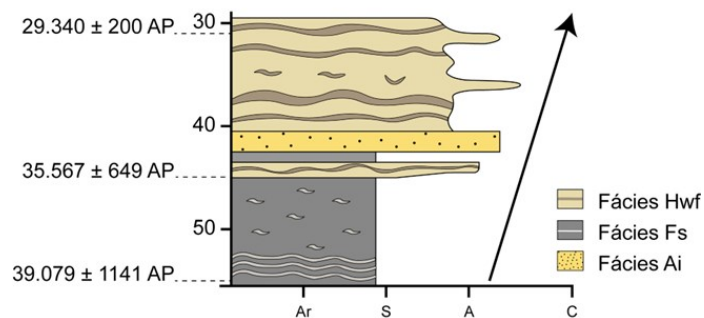


Figura 23 - Associação de fácies B. A seta indica um aumento das características fluviais nas fácies em direção ao topo.

A fácies *Ai* é constituída por areia fina a média, com intraclastos de lama e matéria orgânica carbonizada, e ocorre no intervalo 41-42 metros. O seu contato na base com a fácies *Hf* é abrupto. É sobreposta pela fácies *Hfa*, a qual apresenta intercalações de camadas de areia e lama. Diferentemente da ocorrência anterior, são observadas laminações avermelhadas de lama. Além disso, há porções em que as lâminas chegam a ser centimétricas (Figura 17). O teor de areia varia ao longo do intervalo

Portanto, sugere-se que a fácies *Fs* e *Hwf* foram depositadas em planícies de inundação. A fácies *Ai*, por sua vez, são interpretadas como preenchimento de canal fluvial. Assim, sugere-se que a associação B está associada a um ambiente fluvial, com tendência de aumento da granulometria em direção ao topo.

5.5.3 Associação C

Está situada no intervalo 32.8-23.3m e o contato basal é abrupto com a fácies *Hwf* (Figura 24). É constituída pela fácies *Ai*, de areia fina a média, com intraclastos de lama e matéria orgânica carbonizada. No topo do intervalo, há menor quantidade de intraclastos de lama e apresenta cor amarelo-clara. Para esta associação, sugere-se deposição por processos de tração em ambiente fluvial.

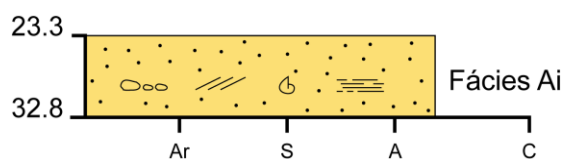


Figura 24 - Associação de fácies C.

5.5.4 Associação D

Situada entre as profundidades 23.3-2,5 metros, é constituída pelas fácies *Ad*, *Hwf* e *Fr*, e representa uma sucessão granodecrescente (Figura 25). Seguramente, mais da metade desta fácies foi depositado durante o Holoceno (Miranda *et al.*, 2009). O ambiente deposicional é interpretado como estuarino dominado por marés.

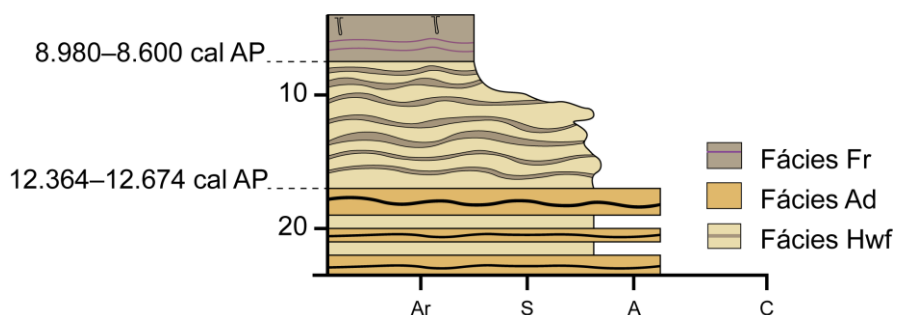


Figura 25 - Associação de fácies D.

Sugere-se que a fácies *Ad* esteja associada com a deposição em canais fluviais com influência de marés, como barras em pontais. A deposição de areia pode estar associada ao transporte por tração pelas correntes fluviais, enquanto a lama pode estar associada o processo de deposição por decantação. Nas fácies *Hwf* e *Fr*, predomina-se o transporte por

suspensão. As lâminas avermelhadas observadas na fácies *Hwf* podem indicar a deposição de lama oxidada derivada de áreas com exposição subaérea à montante.

A ocorrência de sulfetos no topo desta fácies sugere atividade biológica de bactérias sulfato-redutoras (Pons *et al.*, 1982). As bioturbações, observadas em associação com o enxofre, indicam o retrabalhamento do material lamoso por organismos bentônicos. O ambiente, sendo de baixa energia, favoreceu o desenvolvimento da atividade biológica e a preservação destas estruturas. Portanto, há um aumento das características estuarinas e diminuição da influência fluvial em direção ao topo.

5.5.5 Associação E

Localiza-se entre as profundidades 2.5-0 metros e é composta pelas fácies *Foc* e *Fmo* (Figura 26). A associação foi depositada durante o Holoceno, com idades mais jovens que 8.980-8.820 cal anos AP (Miranda *et al.*, 2009). As laminações heterolíticas de lama destas fácies indicam a deposição por decantação com variação de energia do ambiente. A tendência de diminuição da granulometria da sucessão de fácies D para E sugere diminuição da energia do ambiente e, possivelmente, associada à diminuição da circulação de correntes no ambiente deposicional. As laminações muito escuras indicam ambiente muito rico em matéria orgânica e, possivelmente, as deformações observadas podem ser causadas por bioturbação. Deste modo, podem indicar um ambiente com desenvolvimento de vegetação de mangue. A partir das características descritas, este ambiente é interpretado como lagunar.

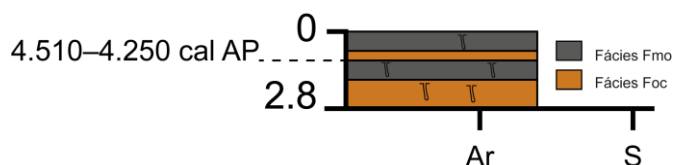


Figura 26 - Associação de fácies E.

5.6 Luminescência Opticamente Estimulada

As amostras foram coletadas próximo aos locais onde a Doutoranda Cláudia de Oliveira Rodriguez realizou as amostragens para análise de proveniência por outros métodos, que futuramente terão os resultados comparados com os do presente trabalho. Também foram amostrados intervalos próximos às amostras datadas por Miranda *et al.* (2009) para ser feito o controle cronológico do depósito e comparação com os sinais de luminescência.

A partir do gráfico de dispersão de %BOSL_F e IRSL/OSL (Figura 27), é possível observar uma clara separação de dois grupos de amostras, sendo um deles com valores intermediários a altos de %BOSL_F e baixos de IRSL/OSL, e o outro com baixos valores de %BOSL_F e altos valores de IRSL/OSL.

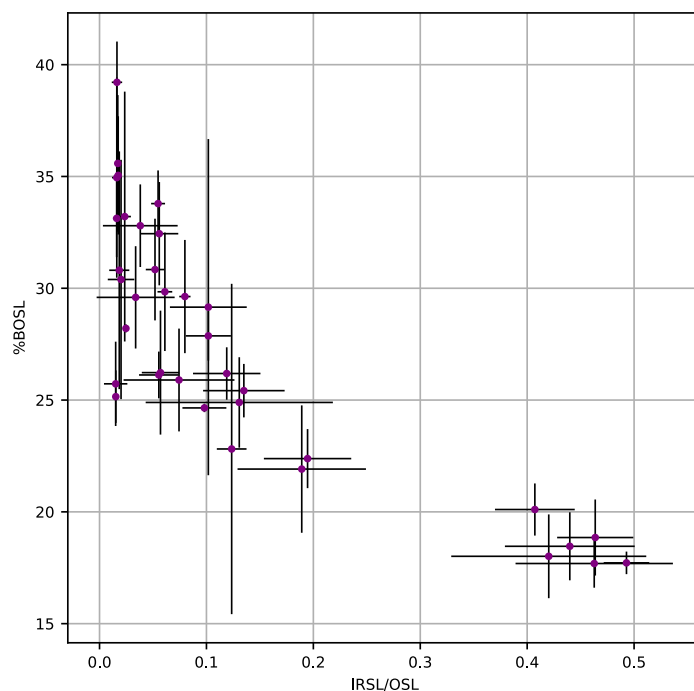


Figura 27 - Gráfico de dispersão entre %BOSL_F e a razão IRSL/OSL com barra de erro.

Para avaliar a dependência da sensibilidade do quartzo e da razão IRSL/OSL com a granulometria dos sedimentos, as amostras foram comparadas com o diâmetro médio dos grãos (Figura 28). Não foi observada uma clara correlação com a granulometria, entretanto, observa-se que as amostras arenosas apresentam valores intermediários de %BOSL_F e baixos para IRSL/OSL. As fácies finas, por sua vez, apresentam valores baixos a altos para %BOSL_F e IRSL/OSL.

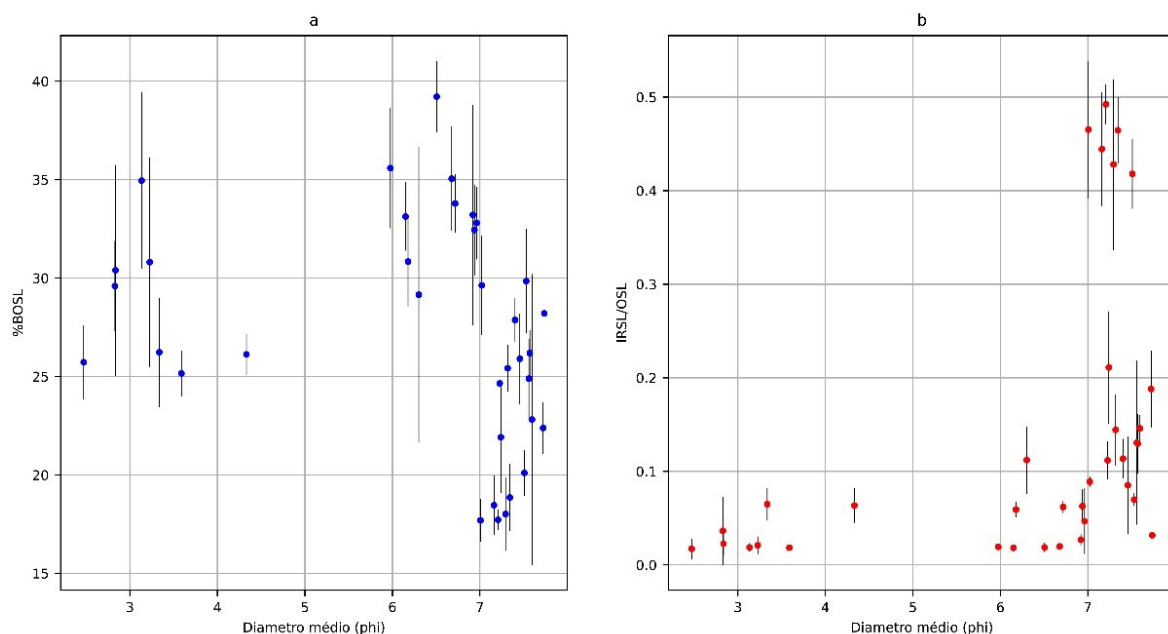


Figura 28 - Gráficos de dispersão do diâmetro médio em função de: (a) %BOSL_F. (b) IRSL/OSL.

A quantidade de luz emitida durante o primeiro segundo de estimulação por LED infravermelho e azul, a sensibilidade do quartzo (%BOSL_F) e a concentração de feldspato em relação ao quartzo (IRSL/OSL) foram calculados e plotados em gráficos em função da profundidade (Figura 29).

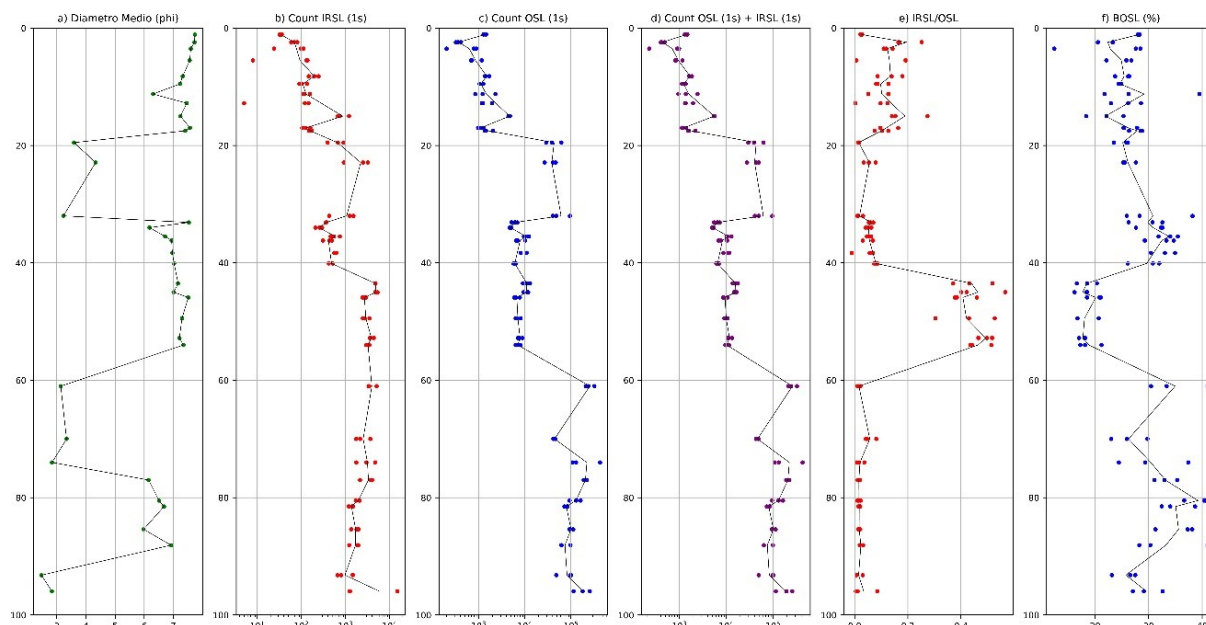


Figura 29 - Parâmetros em função da profundidade: (a) Diâmetro médio. (b) Contagem de fótons durante o primeiro segundo de estimulação por LED infravermelho. (c) Contagem de fótons durante o primeiro segundo de estimulação por LED azul. (d) Soma das contagens de (b) e (c). (e) Razão IRSL/OSL. (f) %BOSL_F.

Entre as profundidades 100-60 metros, as amostras apresentam valores médios de IRSL/OSL menores que 0.1 e valores médios de %BOSL_F maiores que 25%. Neste intervalo, observa-se correlação positiva entre %BOSL_F e o diâmetro médio em *phi*, isto é, a sensibilidade do quartzo tende a aumentar quanto mais fino for o sedimento. Este intervalo coincide com a ocorrência da associação A de fácies, em que são descritas fácies arenosas e laminações heterolíticas de lama com areia subordinada e camadas/laminações avermelhadas.

No intervalo 60-42 metros, observa-se uma mudança abrupta nos sinais de sensibilidade do quartzo e razão IRSL/OSL, sendo estas amostras associadas ao agrupamento observado na Figura 27, cujos sinais são valores altos para a razão IRSL/OSL e baixos para %BOSL_F. Além disso, também ocorre uma diminuição abrupta na contagem de fótons totais (Figura 29). Este intervalo está associado com a fácies Hf da associação B.

Ao final deste intervalo, ocorre uma diminuição abrupta na razão IRSL/OSL e um aumento abrupto do sinal de %BOSL_F, enquanto a contagem total de fótons se mantém no patamar até a profundidade de 33 metros. A razão IRSL/OSL, entretanto, segue uma tendência de diminuição até esta profundidade. Ainda neste intervalo, o %BOSL_F aparenta indicar um máximo local na profundidade de 35.5 metros (amostra MSL17). Estas medições coincidem com as leituras feitas na fácies Hfa da associação B.

Entre as profundidades 19.5-32 metros, as amostras (MSL14, MSL13 e MSL12) apresentam altos valores de contagem de fótons totais, contrapondo-se à tendência de aumento da contagem de fótons em função da profundidade. Neste trecho, poucas amostras foram coletadas, uma vez que estava pouco recuperado e preservado. A amostra MSL14 corresponde à fácies *Ai* da associação C, enquanto as amostras MSL13 e MSL12 pertencem à fácies *Ad* da associação D.

As amostras mais próximas da superfície, entre 0-18 metros, apresentam baixa emissão de fótons, o que implica num maior desvio padrão das amostras. Deste modo, não se observa uma clara variabilidade dos sinais de %BOSL_F e IRSL/OSL entre as amostras rasas. Entretanto, observa-se que as amostras do intervalo de 0-22.9 metros apresentam valores relativamente menores de %BOSL_F que as amostras do intervalo 32-40.1 metros. Além disso, os valores de IRSL/OSL do intervalo 0-17.5 metros são relativamente maiores que os calculados para o intervalo 19.5-40.1 metros.

5.7 Controle cronológico do depósito

O controle cronológico do depósito foi realizado a partir da interpolação das amostras datadas por Miranda *et al.* (2009) (Figura 30). A partir destas idades também foram estimadas as taxas médias de sedimentação para determinados intervalos. Observa-se intercalação de períodos com alta taxa e períodos com baixa taxa de sedimentação. À medida que as idades se aproximam do limite de datação do ¹⁴C, as taxas ficam mais imprecisas.

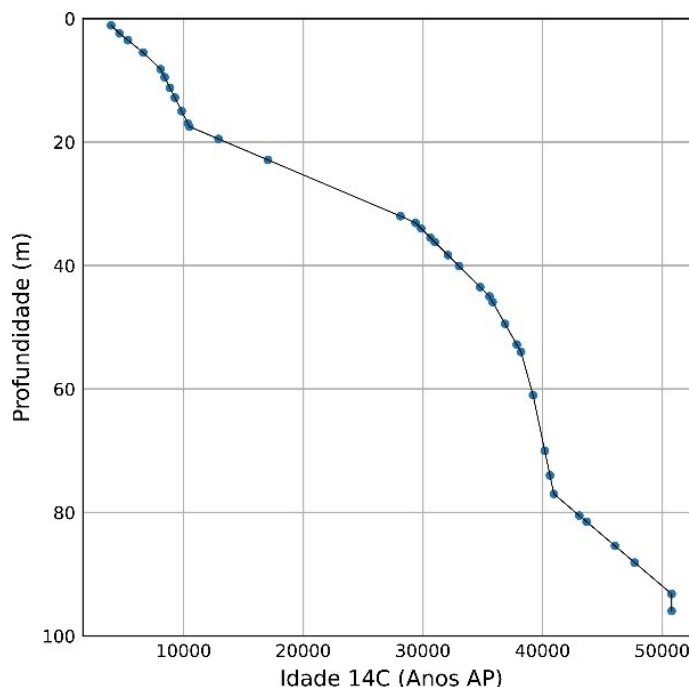


Figura 30 - Profundidade das amostras em função das idades interpoladas.

Os valores de contagem de fótons durante o primeiro segundo de estimulação por LED azul e infravermelho foram comparados com as idades interpoladas em diagramas de dispersão (Figura 31). Nestes gráficos, observa-se um aumento exponencial da emissão de fótons em função das idades interpoladas.

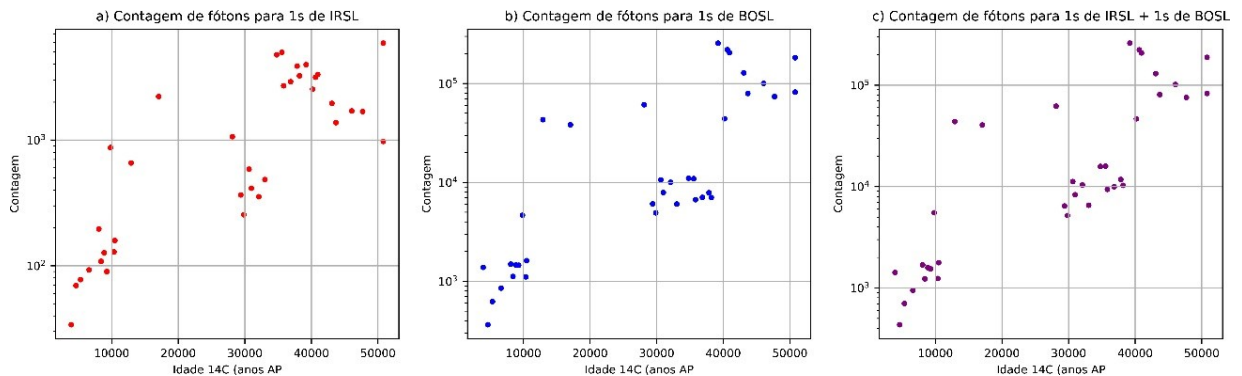


Figura 31 - Contagem de fótons em função das idades interpoladas. (a) Para 1s de LED infravermelho. (b) Para 1s de LED azul. (c) Soma das contagens de (a) e (b).

Os resultados obtidos para as variações dos valores de %BOSL e IRSL/OSL em função das idades foram comparados com a curva de variação do nível global do mar de Miller (2020) (Figura 32).

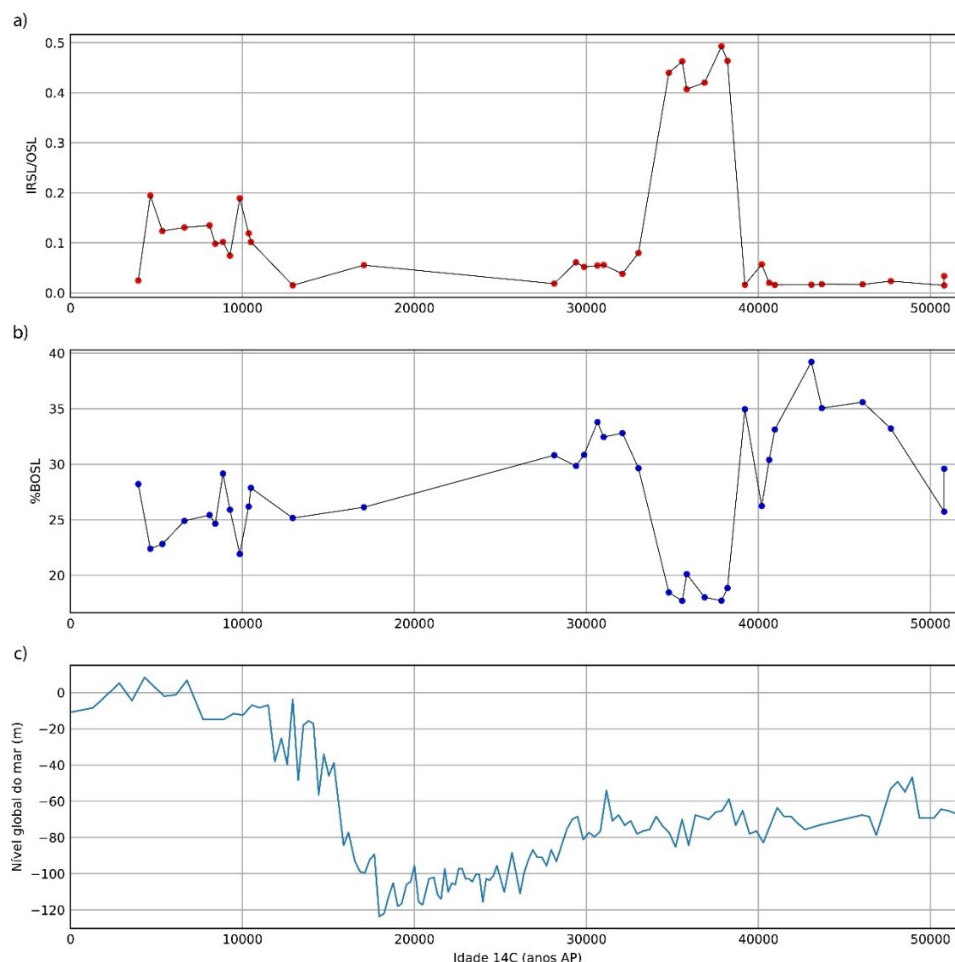


Figura 32 - (a) Gráfico da razão IRSL/OSL em função do tempo. (b) Gráfico de %BOSL em função do tempo. (c) Gráfico de variação do nível do mar global em função do tempo (Miller, 2020).

Entre 50000 e 30000 anos AP, o nível global do mar esteve relativamente estável, enquanto os valores de %BOSL e IRSL/OSL variaram. A partir de 30000, quando ocorre a transgressão marinha até cerca de 18000, observa-se uma tendência de diminuição dos valores de %BOSL. Esta tendência está acompanhada da baixa taxa de sedimentação média, de cerca de 0.82 m/ka. A partir de 12000 anos AP, é possível observar que os valores da razão IRSL/OSL tendem a aumentar, ao passo que o nível global do mar também sobe.

6 INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1 Evolução geomorfológica

A feição que se destaca na imagem de sensoriamento remoto é o paleoestuário localizado sobre o Lago Arari, o qual está orientado na direção N-S e localizado sobre uma depressão topográfica (Figura 10). Este paleoestuário apresenta barras de acreção lateral na margem leste e afunila-se em direção ao sul, onde passa a adquirir forma de canal e características fluviais. As características fluviais são atestadas por paleocanais e barras de acreção lateral, as quais apresentam contrastes de relevo, solo e vegetação com as áreas adjacentes.

Os paleocanais que apresentam conexão com este paleoestuário são predominantemente meandantes e estão orientados preferencialmente na direção E-W e NE-SW. Deste modo, indicam um aporte de sedimentos continentais que vem de leste do paleoestuário. Outros paleocanais são identificados na margem leste, os quais apresentam orientação preferencial NE-SW e são truncados pelo paleoestuário. Na margem oeste, as paleodrenagens apresentam direção preferencial NE-SW e os paleocanais, de morfologia meandrante, são mais descontínuas que na outra margem. Entretanto, aparentam possuir continuidade com os paleocanais descrito na margem leste, uma vez que também são cortados pelo paleoestuário.

Cordões litorâneos orientados preferencialmente E-W ao Norte do paleoestuário, e associado a desembocaduras de paleocanais, indicam uma paleo-linha de costa a cerca de 20km da costa atual em direção ao interior do continente. Ao Norte desta paleo-linha de costa, são identificados paleocanais de direção preferencial E-W/SE-NW, os quais apresentam continuidade com ilhas fluviais localizadas à Noroeste da Ilha do Marajó. A Nordeste do paleoestuário, observa-se a progradação de cordões litorâneos. Portanto, infere-se que após o estabelecimento da paleo-linha de costa, houve a progradação dos sistemas deposicionais. Após a progradação, houve uma subida do nível relativo do mar, estabelecendo ilhas ao longo da costa Atlântica, como a Ilha de Mexiana e Machadinho.

6.2 Modelo de sistemas deposicionais

O intervalo entre as profundidades de 120-52.35 metros é interpretado como sistema fluvial, apresentando ciclos granodecrescentes, caracterizado por fácies de preenchimento de

canal e fácies de deposição de lama em planícies de inundação. Os ciclos granodecrescentes são interpretados como processos autogênicos, que resultam na distribuição da energia no ambiente deposicional (Miall, 2016, p. 135). Estes processos podem ser explicados pela migração lateral de canais e preenchimento de canais, entretanto, uma interpretação somente com os dados de subsuperfície é imprecisa.

Entre 39000 e 50000 anos AP, que compreende parte do intervalo de deposição da associação A, o nível do mar variou entre 46 e 83 metros abaixo do nível do mar atual. Nestas condições, o nível do mar esteve mais próximo da borda do continente (Milliman *et al.*, 1975). Levando em conta que a associação de fácies está situada entre 58.35 e 120 metros de profundidade e que o sedimento tende a se compactar com o soterramento, os sedimentos possivelmente foram depositados acima do nível do mar. Portanto, esta hipótese corrobora para a interpretação de um sistema fluvial para a deposição destas associações de fácies.

Para o intervalo de 58.35 a 32.8 metros, representado pela associação de fácies B, o ambiente deposicional interpretado também é fluvial, sendo que a deposição ocorreu entre 39-29 mil anos AP. A taxa de sedimentação tende a diminuir em direção ao topo desta associação.

A partir de cerca de 30 mil anos AP, o nível do mar global tende a cair, de modo que atinge o nível mínimo durante o Último Máximo Glacial, há cerca de 18 mil anos AP (Chappel & Shackleton, 1986). Este período corresponde à deposição da associação de fácies C, no intervalo de 32.8-23.3 metros, e é interpretada como de ambiente fluvial. Esta associação apresenta a menor taxa de deposição do testemunho, a qual pode estar associada com o rebaixamento do nível de base. Nesta situação, a maior parte dos sedimentos foi canalizada diretamente para o mar profundo (Milliman *et al.*, 1975).

A associação de fácies D, depositada entre as profundidades 23.3 e 2.8 metros, constitui uma sequência granodecrescente, a qual é interpretada como resultado da transgressão marinha que se iniciou após o Último Máximo Glacial. Os sedimentos depositados entre 12.364-12.674 e 8.980-8.820 cal anos AP indicam subida do nível de base, possivelmente ainda associado a ambiente fluvial. No topo da associação, a ocorrência de sulfetos sugere ambiente pantanoso com influência de marés e sedimentos com enxofre provenientes pela água do mar (Fanning, 1993). De acordo com Pons *et al.* (1982), a formação de sulfetos exige a disponibilidade de sulfatos, minerais contendo ferro, matéria orgânica metabolizável, bactérias sulfato-redutoras e ambiente anaeróbico alternando com aeração limitada.

Portanto, sugere-se o desenvolvimento de ambiente estuarino com influência de marés e vegetação de mangue a partir de ~9.000 anos AP. Esta interpretação está de acordo com estudos palinológicos que indicam o início do desenvolvimento de vegetação de mangue com

influência de água marinha em torno de 8990-8690 anos AP (Cohen *et al.*, 2008; Smith *et al.*, 2012).

A associação de fácies E, localizada no intervalo de 2.8-0 metros, apresenta idades mais jovens que 8.980-8820 anos AP, indicando, assim, deposição durante o Holoceno. As fácies apresentam conjuntos de características que sugerem deposição por decantação em ambiente de baixa energia e rico em matéria orgânica. Assim, este ambiente é interpretado como lagunar associado ao desenvolvimento de vegetação de mangue. Smith *et al.* (2012) sugerem ambiente lagunar e desenvolvimento de vegetação de mangue de 8.990-8.690 até 2.310-2.230 cal anos AP. A partir de 2.310-2.230 cal anos AP e ~1.000 cal anos AP, o mangue foi substituído por vegetação herbácea devido à redução da influência marinha.

Portanto, pode-se sugerir que a transição do sistema lagunar para lacustre, atual configuração do Lago Arari, está associado com a redução da influência marinha apontada por Smith *et al.* (2012), a partir de 2.310-2.230 cal anos AP. A transição do ambiente deposicional também acompanhou a progradação da linha de costa, que foi identificada por sensoriamento remoto.

6.3 Proveniência sedimentar

Sawakuchi *et al.* (2018) demonstram que rios que drenam áreas andinas, como o rio Madeira e Solimões, apresentam alta proporção de feldspato em relação ao quartzo (razão IRSL/OSL), e quartzo menos sensível que dos rios que drenam áreas de Escudo, como os rios Xingu e Tapajós. Além disso, os autores apontam para um desacoplamento da fonte de silte (andes) e de areia (andes-escudo) no Rio Amazonas.

Para os sedimentos transportados pela bacia do rio Tocantins-Araguaia, espera-se uma assinatura semelhante aos sedimentos de áreas de Escudo drenadas pelo rio Amazonas, uma vez que é constituída principalmente por rochas de áreas cratônicas (12%), terrenos da Província Tocantins (entre 530 e 2.900 milhões de anos) e rochas sedimentares pós-Brasiliiano (ANA, 2009).

Assim, os sinais de %BOSL_F e IRSL/OSL, quando analisados em conjunto com a granulometria dos sedimentos, permitem subdividir a proveniência em dois grupos: (1) Sedimentos de proveniência andina transportados pelo rio Amazonas, e (2) Sedimentos de áreas de Escudo.

Neste testemunho, a proveniência andina é assinalada como altos valores da razão IRSL/OSL associados a baixos valores de %BOSL_F, enquanto sedimentos provenientes de áreas de Escudo são assinalados por baixa razão IRSL/OSL e altos valores de %BOSL_F (Figura 33).

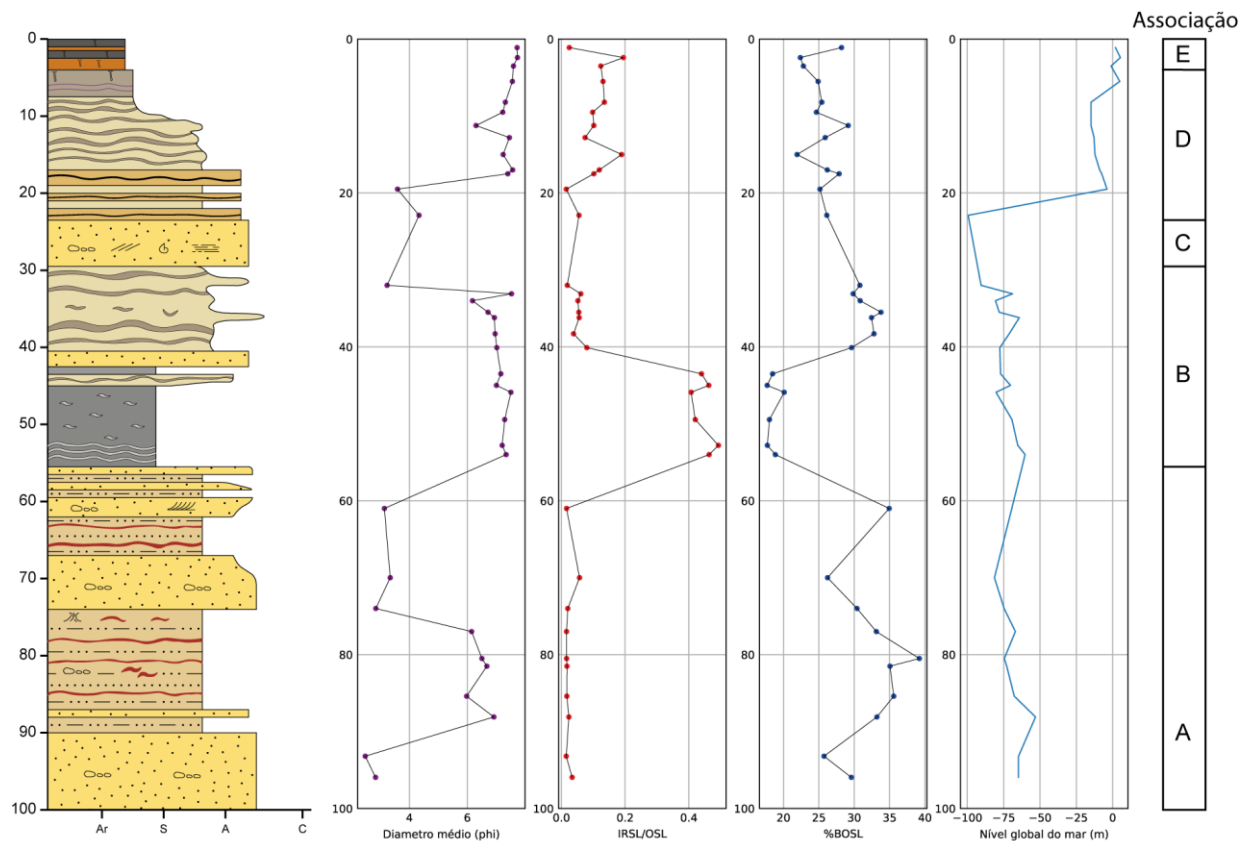


Figura 33 - Relação entre sinais de luminescência (%BOSL e IRSL/OSL) com as fácies sedimentares, granulometria e nível global do mar (Miller, 2020).

Para as amostras coletadas no intervalo de 94-74 metros de profundidade, observa-se um padrão específico das amostras: a proporção relativa de feldspato é muito baixa e independe da granulometria, enquanto a sensibilidade do quartzo tende a ser maior para amostras mais finas. Este desacoplamento entre as fácies finas e arenosas pode estar refletindo a contribuição de diferentes fontes. Como a razão IRSL/OSL é muito baixa para todas as amostras, pode-se supor que as fontes associadas são de Escudo e há pouco ou nenhum sedimento andino neste intervalo.

O intervalo 58-43 metros é bem marcado por apresentar baixos valores de %BOSL_F e altos valores para a razão IRSL/OSL, o que é interpretado como sedimentos com quartzos de baixa sensibilidade e alta proporção relativa de feldspato em relação ao quartzo. Portanto, representa sedimentos de proveniência andina transportados pelo rio Amazonas.

O aporte sedimentar do Amazonas nesta área pode ser explicado pelo processo conhecido como águas de remanso, ou *backwater*, que consiste em armazenamentos estacionais das águas nas planícies de inundação devido às diferenças de descarga entre os tributários (Meade, 1991, Meade *et al.*, 1991).

A partir de 40.1 metros, observa-se uma diminuição abrupta da razão IRSL/OSL e aumento abrupto de %BOSL_F, que é interpretado como uma redução brusca do influxo do rio Amazonas sobre esta drenagem.

A partir de ~17.5 metros, as amostras apresentam idades mais jovens que 12.364-12.674 cal anos AP, e apresentam um aumento da razão IRSL/OSL e diminuição de %BOSL_F, estabelecendo-se, então, em um patamar. Esta observação acompanha a tendência granodecrescente e o estabelecimento do ambiente estuarino. Portanto, sugere-se que a subida do nível do mar favoreceu a deposição dos sedimentos do Rio Amazonas próximo à linha de costa. No nível do mar atual, a maior parte dos sedimentos em suspensão é depositada próximo da foz do Rio Amazonas, uma vez que menos de 1% dos sedimentos permanecem em suspensão em águas com salinidade maior que 3‰ (Milliman *et al.*, 1975).

7 CONCLUSÕES

O presente trabalho sugere um modelo de sistema deposicional para o Leste da Ilha do Marajó durante o Pleistoceno Tardio-Holoceno diferente do modelo proposto por Miranda *et al.* (2009). Os resultados apontam para um sistema deposicional fluvial ativo de ~50.000 a ~12.519 cal anos AP, no qual foi possível identificar períodos com maior e menor aporte sedimentar do rio Amazonas a partir dos sinais de luminescência opticamente estimulada. As variações de aporte do rio Amazonas podem ser explicadas pelo processo de *backwater*, o qual está associado a variações na descarga dos rios.

A descida do nível do mar em resposta ao avanço glacial durante o Último Máximo Glacial foi responsável pelo rebaixamento do nível de base, o qual resultou em depósitos arenosos com as menores taxas de deposição do testemunho.

A partir de ~12.519 cal anos AP, observa-se uma transição de ambiente fluvial para estuarino devido à subida do nível relativo do mar, o qual acompanha um aumento na contribuição de sedimentos do rio Amazonas, que foram depositados preferencialmente próximo à costa.

O desenvolvimento pleno do estuário pode ter ocorrido em torno de 9.000 cal anos AP, evidenciado pelas bioturbações e precipitação de sulfetos, que sugerem atividade de bactérias sulfato-redutoras em vegetação de mangue. O ambiente estuarino foi substituído por ambiente lagunar e está associado com o máximo desenvolvimento da vegetação de mangue, sugerido pelo alto teor de matéria orgânica carbonizada em fácies lamosas.

A partir de 2.310-2.230 cal anos AP, a substituição da vegetação de mangue devido à diminuição da influência fluvial pode ser associada com o preenchimento do vale estuarino e a progradação da linha de costa até a posição atual.

Portanto, este trabalho permite inferir que a evolução da Ilha do Marajó durante o Pleistoceno Tardio-Holoceno está intimamente ligada a variações do nível do mar e as mudanças climáticas, que determinam a influência do rio Amazonas na composição dos sedimentos depositados.

O leitor OSL portátil de bancada apresentou rapidez na aquisição dos dados e eficiência nos resultados. O aperfeiçoamento deste equipamento permitirá a realização de análises OSL de baixo custo e com boa resolução espacial, uma vez que permite analisar mais amostras que em um equipamento convencional utilizado para análise de proveniência.

8 REFERÊNCIAS

- Azevedo, R.P., 1991, Tectonic Evolution of Brazilian Equatorial Continental Margin Basins [PhD dissertation]: London, University of London.
- Bridge, J.S., 2003, Rivers and Floodplains: Forms, Processes, and Sedimentary Record: Blackwell Pub, Oxford.
- Caputo, M.V., 1984, Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology and paleogeography of northern basins of Brazil [PhD dissertation]: University of California, 583 p.
- Chappell, J., e Shackleton, N.J., 1986, Oxygen isotopes and sea level: *Nature*, v. 324, n.º 6093, p. 137–140, <https://doi.org/10.1038/324137a0>.
- Cohen, M.C. L., Lara, R.J., Smith, C.B., Angélica, R.S., Dias, B.S., e Pequeno, T., 2008, Wetland dynamics of Marajó Island, northern Brazil, during the last 1000 years: *Catena*, v. 76, n.º 1, p. 70–77, <https://doi.org/10.1016/j.catena.2008.09.009>.
- Dantas, M.E., Teixeira, S.G., 2013, Origem das paisagens: Geodiversidade do Estado do Pará: Belém, CPRM, Programa Geologia do Brasil, p. 25-32.
- Derby, O.A., 1898, A ilha de Marajó: *Boletim do Museu Paraense de Historia Natural e Ethnographia*, v. 2(1/4), p. 163–173.
- Fanning, D.S., 1993, Salinity problems in acid sulfate coastal soils, in *Towards the Rational Use of High Salinity Tolerant Plants*: Dordrecht, Springer Netherlands, p. 491–500, https://doi.org/10.1007/978-94-011-1858-3_52.
- Gibbs, R.J., 1967, The geochemistry of the amazon river system: Part I. the factors that control the salinity and the composition and concentration of the suspended solids: *Geological Society of America Bulletin*, v. 78, n.º 10, p. 1203, [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1967\)78\[1203:tgotar\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1967)78[1203:tgotar]2.0.co;2).
- Gonçalves, A.C. O., Cornetta, A., Alves, F., e Barbosa, L.J. G., 2016, Marajó, in Alves, F., org., *A função socioambiental do patrimônio da União na Amazônia*: Brasília, p. 107–198.
- Gray, H.J., Mahan, S.A., Springer, K.B., e Pigati, J.S., 2018, Examining the relationship between portable luminescence reader measurements and depositional ages of paleowetland sediments, Las Vegas Valley, Nevada: *Quaternary Geochronology*, v. 48, p. 80–90, <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2018.07.006>.
- Gray, H.J., Jain, M., Sawakuchi, A.O., Mahan, S.A., e Tucker, G.E., 2019, Luminescence as a sediment tracer and provenance tool: *Reviews of Geophysics*, v. 57, n.º 3, p. 987–1017, <https://doi.org/10.1029/2019rg000646>.
- Guyot, J.L., Filizola, N., Laraque, A., 2005, The suspended sediment flux of the River Amazon at Obidos, Brazil, 1995-2003: *Sediment Budgets I*, Foz do Iguaçu, 8 p.
- James, N.P., e Dalrymple, R.W., 2010, *Facies models 4: The Geological Association of Canada*.
- João, X.S.J., Teixeira, S.G., Fonseca, D.D.F., 2013, *Geodiversidade do estado do Pará*: CPRM, Brasil.
- Lima, J.E.F.W., Santos, P.M.C., Carvalho N.O., e Silva E.M., 2004, Fluxo de sedimentos em suspensão na bacia Araguaia-Tocantins: Embrapa Cerrados; Brasília, DF: ANEEL: ANA, 116p.
- Lima, A.M. M., Oliveira, L.L., Fontinhas, R.L., e Lima, R.J.S., 2005, Ilha do Marajó: Revisão histórica, hidroclimatologia, bacias hidrográficas e propostas de gestão: *Holos Environment*, v. 5, n.º 1, p. 65, <https://doi.org/10.14295/holos.v5i1.331>.
- LABSED, 2004, Manual de procedimentos analíticos: <https://igc.usp.br/labsed/wp-content/uploads/sites/21/2020/04/Manual-LabSed.pdf> (Acessado em abr. 2023).

- LEGaL, c2023, User Area: Instructions prior to laboratory use: <https://igc.usp.br/legal/area-do-usuario> (Acessado em abr. 2023).
- Malvern Instruments, 2007, Mastersizer 2000: User Manual: <https://igc.usp.br/labsed/wp-content/uploads/sites/21/2020/04/mastersizer-2000-2000e-manual-eng1.pdf> (Acessado em abr. 2023).
- Maslin, M., Knutz, P.C., e Ramsay, T., 2006, Millennial-scale sea-level control on avulsion events on the Amazon Fan: *Quaternary Science Reviews*, v. 25, n.º 23-24, p. 3338–3345, <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2006.10.012>.
- Meade, R.H., 1994, Suspended sediments of the modern Amazon and Orinoco rivers: *Quaternary International*, v. 21, p. 29–39, [https://doi.org/10.1016/1040-6182\(94\)90019-1](https://doi.org/10.1016/1040-6182(94)90019-1).
- Meade, R.H., 1996, River-Sediment inputs to major deltas, in *Coastal Systems and Continental Margins*: Dordrecht, Springer Netherlands, p. 63–85, https://doi.org/10.1007/978-94-015-8719-8_4.
- Meade, R.H., Dunne, T., Richey, J.E., De M. Santos, U., e Salati, E., 1985, Storage and remobilization of suspended sediment in the lower amazon river of brazil: *Science*, v. 228, n.º 4698, p. 488–490, <https://doi.org/10.1126/science.228.4698.488>.
- Meade, R.H., Rayol, J.M., Conceição, S.C., e Natividade, J.R. G., 1991, Backwater effects in the Amazon river basin of Brazil: *Environmental Geology and Water Sciences*, v. 18, n.º 2, p. 105–114, <https://doi.org/10.1007/bf01704664>.
- Mendes, V.R., Sawakuchi, A.O., Chiessi, C.M, Giannini, P.C.F., Rehfeld, K., e Mulitza, S., 2019, Thermoluminescence and optically stimulated luminescence measured in marine sediments indicate precipitation changes over northeastern Brazil: *Paleoceanography and Paleoclimatology*, v. 34, n.º 8, p. 1476–1486, <https://doi.org/10.1029/2019pa003691>.
- Miall, A.D., 1990b, *Principles of Sedimentary Basin Analysis*: New York, NY, Springer New York, <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-4235-0>.
- Miall, A.D., 2016, *Stratigraphy: A Modern Synthesis*: Cham, Springer International Publishing, <https://doi.org/10.1007/978-3-319-24304-7>.
- Miall, A.D., 2022, *Stratigraphy: A Modern Synthesis*: Cham, Springer International Publishing, <https://doi.org/10.1007/978-3-030-87536-7>.
- Miller, K.G., Browning, J.V., Schmelz, W.J., Kopp, R.E., Mountain, G.S., e Wright, J.D., 2020, Cenozoic sea-level and cryospheric evolution from deep-sea geochemical and continental margin records: *Science Advances*, v. 6, n.º 20, eaaz1346, <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz1346>.
- Milliman, J.D., Summerhayes, C.P., e Barretto, H.T., 1975, Quaternary sedimentation on the amazon continental margin: A model: *Geological Society of America Bulletin*, v. 86, n.º 5, p. 610, [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1975\)86%3C610:qsotac%3E2.0.co;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1975)86%3C610:qsotac%3E2.0.co;2).
- Miranda, M.C. D. C., Rossetti, D.F., e Pessenda, L.C. R., 2009, Quaternary paleoenvironments and relative sea-level changes in Marajó Island (Northern Brazil): Facies, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ and C/N: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 282, n.º 1-4, p. 19–31, <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2009.08.004>.
- Pons, L.J., Van Breemen, N., e Driessen, P.M., 2015, Physiography of coastal sediments and development of potential soil acidity, in *SSSA Special Publications*: Madison, WI, USA, Soil Science Society of America, p. 1–18, <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub10.c1>.
- Rezende, W.M.; Ferradaes, J.O., 1971, Integração geológica Regional da Bacia Sedimentar da Foz do Amazonas, in XXV Congresso Brasileiro de Geologia: São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia.

- Rhodes, E.J., 2011, Optically stimulated luminescence dating of sediments over the past 200,000 years: *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, v. 39, n.º 1, p. 461–488, <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-040610-133425>.
- Rossetti, D. F., 2006, Evolução sedimentar miocênica nos estados do Pará e Maranhão: *Geologia USP. Série Científica*, v. 6, n.º 2, p. 07–18, <https://doi.org/10.5327/s1519-874x2006000300003>.
- Rossetti, D.F., e Valeriano, M.M., 2007, Evolution of the lowest amazon basin modeled from the integration of geological and SRTM topographic data: *Catena*, v. 70, n.º 2, p. 253–265, <https://doi.org/10.1016/j.catena.2006.08.009>.
- Rossetti, D.F., Valeriano, M.M., e Thales, M., 2007a, An abandoned estuary within Marajó Island: Implications for late Quaternary paleogeography of northern Brazil: *Estuaries and Coasts*, v. 30, n.º 5, p. 813–826, <https://doi.org/10.1007/bf02841336>.
- Rossetti, D.F., Góes, A.M., Valeriano, M.M., e Miranda, M.C. C., 2007b, Quaternary tectonics in a passive margin: Marajó Island, northern Brazil: *Journal of Quaternary Science*, v. 23, n.º 2, p. 121–135, <https://doi.org/10.1002/jqs.1132>.
- Rossetti, D.F., Souza, L.S. B., Prado, R., e Elis, V.R., 2012, Neotectonics in the northern equatorial Brazilian margin: *Journal of South American Earth Sciences*, v. 37, p. 175–190, <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2012.03.004>.
- Sawakuchi, A.O., et al., 2018, Luminescence of quartz and feldspar fingerprints provenance and correlates with the source area denudation in the Amazon River basin: *Earth and Planetary Science Letters*, v. 492, p. 152–162, <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2018.04.006>.
- Sawakuchi, A.O., Rodrigues, F.C. G., Mineli, T.D., Mendes, V.R., Melo, D.B., Chiessi, C.M., e Giannini, P.C. F., 2020, Optically stimulated luminescence sensitivity of quartz for provenance analysis: *Methods and Protocols*, v. 3, n.º 1, p. 6, <https://doi.org/10.3390/mps3010006>.
- Smith, C.B., Cohen, M.C. L., Pessenda, L.C. R., França, M.C., e Guimarães, J.T. F., 2012, Holocenec proxies of sedimentary organic matter and the evolution of Lake Arari-Amazon Region: *Catena*, v. 90, p. 26–38, <https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.10.002>.
- Souza, P.E., Pupim, F.N., Mazoca, C.E. M., Río, I.d., Mineli, T.D., Rodrigues, F.C. G., Porat, N., Hartmann, G.A., e Sawakuchi, A.O., 2023, Quartz osl sensitivity from dating data for provenance analysis of pleistocene and holocene fluvial sediments from lowland amazonia: *Quaternary Geochronology*, p. 101422, <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2023.101422>.
- Takashimizu, Y., e Iiyoshi, M., 2016, New parameter of roundness R: Circularity corrected by aspect ratio: *Progress in Earth and Planetary Science*, v. 3, n.º 1, <https://doi.org/10.1186/s40645-015-0078-x>.


APÊNDICE A – FICHAS GRÁFICAS DE DESCRIÇÃO DO TESTEMUNHO

<div>03 / 08 / 23</div> <div>DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS SILICICLÁSTICOS</div>															
POÇO: F8M		TESTO: 03		INTERV. 27.000		RECUP.									
BACIA: Marajó		Fm.:		Mb.:		SONDADOR: m/ %									
GEÓLOGO: Giorgio		DATA:		ESCALA:		MEDIDA: m/ %									
						CAMPO/ÁREA:									
						FOLHA: /									
<div> <div> <div>Δ litac de terra are</div> <div>litac</div> <div>litac</div> <div>litac</div> </div> <div> <div>litac</div> <div>litac</div> <div>litac</div> </div> </div>							<div> <div>L LÂMINA</div> <div>D-DRX</div> <div>M-MEV</div> <div>G-GRANULOMETRIA</div> <div>C-CALCULOMETRIA</div> <div>P-PLUS</div> <div>F-FOTO DE DETALHE</div> <div>PA-PALEONTOLOGIA</div> </div>								
PROF. SOND. (m)	AMOSTRAG.	LITO.	GRANULOMETRIA E ESBOÇO						ESTRUTURA E DEMAIS FEIÇÕES	DESCRIÇÃO	FÁCIAS				
			SX	GR	AREIA	MG	Q	W	F	MP	S	A			
0.00															
0.15	A=03 R=08	C B C B													
0.30	A=07 R=07	C B													
0.45		C B													
0.60	A=08 R=08	A													
0.75	A=05 R=04	B A													
0.90															
1.05															
1.20															
1.35															
1.50															
1.65															
1.80															
1.95															
2.10															
2.25															
2.40															
2.55															
2.70															
2.85															
3.00															

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 03 / 08 / 23 DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS SILICICLÁSTICOS </div>														
POÇO: FBM		TESTO: 02		INTERV. 53-27		RECUP.		SONDADOR: m/ % MEDIDA: m/ %						
BACIA: Maragó		Fm.:		Mb.:		CAMPO/ÁREA:								
GEÓLOGO: Giorgio		DATA:		ESCALA:		FOLHA: /								
LEGENDA: <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="width: 60%;"> <p>Q emolite(?)</p> <p>M desplanice</p> <p>ba. ver</p> <p>6 MO auto</p> </div> <div style="width: 35%; font-size: 0.8em;"> L-LÂMINA D-DREX M-MEV G-GRANULOMETRIA C-CALCIMETRIA P-PLUG F-FORO DE DETALHE PA-PALEONTOLOGIA </div> </div>														
PROF. SOND. (m)	AMOSTRAG.	LITO.	GRANULOMETRIA E ESBOÇO								ESTRUTURA E DEMAIS FEIÇÕES	DESCRIÇÃO	FÁCIES	
			SX	GR	MD	CM	MF	S	A					
3.0											S	Siltito com laminações heterolíticas deformadas com bolonhas verticais preenchidas por argila macia (dubios) e meg (pode ser pós coletado) (areia mais fina) Siltito com MO carbonizada e material preto cl verde de encolore(?)		
3.5											M			
4.0											M			
4.5											M	Siltito com laminações heterolíticas deformadas plasticamente com poucas laminações de areia muito fina e laminações de lama amareada, geralmente com des. xipil. (Testemunho pouco detalh) Menos esfol. visíveis, mas homogêneo		
5.0											M			
5.5											M			


<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 03 / 08 / 83 DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS SILICICLÁSTICOS </div>									
POÇO: FEM	TESTO: 03	INTERV. 8.5-5.5	RECUP.	SONDADOR: m/ %	MEDIDA: m/ %				
BACIA: Marajó	Fm.:	Mb.:	CAMPO/ÁREA:						
GEÓLOGO: Giorgio	DATA:	ESCALA:	FOLHA: /						
LEGENDA: <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> Plagioclase Silica matrix Debris in v </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> Debris on the surface Debris on the surface </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> Debris in the rock Debris on the surface </div> <div style="position: absolute; right: 10px; top: 10px; font-size: 0.8em;"> L-LÂMINA D-DEB M-MEV G-GRANULOMETRIA C-CALCIMETRIA P-PLUG F-FOTO DE DETALHE PA-PALFONTOLOGIA </div>									
PROF. SOND. (m)	AMOSTRAG.	LITO.	GRANULOMETRIA E ESBOÇO	ESTRUTURA E DEMAIS FEIÇÕES	DESCRIÇÃO	FACIES			
			<div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: 0.7em;"> SX GR MO CH F MF S A </div>						
5.0									
5.5									
6.0					POUCA AREIA (NÃO DAR PLUG)				
6.5					<p>Laminações heterolíticas de este com menor quantidade de lâminas de areia muito fina e laminações muito finas de cor esverdeada</p>				
7.0					<p>phragmatica</p>				
7.5					<p>Laminações heterolíticas de este intercaladas com laminações de areia muito fina</p>				
8.0									
8.5									

58


02 / 08 / 23		DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS SILICICLÁSTICOS											
POÇO: F9M	TESTO: 05	INTERV. 14,0-14,4	RECUP.	SONDADOR: m/ %	MEDIDA: m/ %								
BACIA: Marajó	Fm.:	Mb.:	CAMPO/ÁREA:										
GEÓLOGO: Grogio	DATA:	ESCALA:	FOLHA: /										
LEGENDA: 						L-LÂMINA D-DRE M-MEV G-GRANULOMETRIA C-CALCIMETRIA P-PLUG F-FOTO DE DETALHE PA-PALEONTOLOGIA							
PROF. SOND. (m)	AMOSTRAG.	LITO.	GRANULOMETRIA E ESBOÇO							ESTRUTURA E DEMAIS FEIÇÕES	DESCRIÇÃO	FACIES	
			SX	GR	MG	SM	MF	S	A				
10,5												As dobras parecem ser artefatos da perfuração causados por pressão ao segurar o testemunho -> Selo do mar de dedo	
11,0													
11,5	*												
12,0	A-1,5 R-1,5 *											des. conc. em int. silteoso Intercalações de silte com areia muito fina (intervalo mais arenoso)	
12,5	A-0,5 R-0,5 *											dobras (foli) gran = grossa Esm	
13,0													
13,5	*											Siltito com laminações helicoidais, deformado plasticamente e intercalado de laminações de areia muito fina e areia fina camada de silte rompedor areia grossa dois Esm	
14,0	A-1,5 R-1,5											Siltito laminado intercalado de algumas laminações de areia muito fina	

02 / 08 / 23		DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS SILICICLÁSTICOS				
POÇO: FBM	TESTO: 06	INTERV. 1680 - 1740	RECUP.	SONDADOR: m/ %	MEDIDA: m/ %	
BACIA: Marajó	Fm.:	Mb.:	CAMPO/ÁREA:			
GEÓLOGO: Giorgio	DATA:	ESCALA:	FOLHA: /			
LEGENDA:					L-LÂMINA D-DREX M-MEV G-GRANULOMETRIA C-CALCIMETRIA P-PLUG F-FOTO DE DETALHE R-PALEONTOLOGIA	
PROF. SOND. (m)	AMOSTRAG.	LITO.	GRANULOMETRIA E ESBOÇO SX GR MG GM F MF S A	ESTRUTURA E DEMAIS FEIÇÕES	DESCRIÇÃO FÁCIES	
13,5						
14,0					Mistura de lâminas com areia escura e areia fina; pouco selecionada, com areia grossa muito fina; pode ser MO ou maisado (não magro) (com areia de meio passado) x areia muito fina, bem selecionada com grãos esc. (predominante) x silte bem sel; heterotático (inter. de lâminas milim.) silte de	
14,5						
15,0						
15,5	A-15 R-15				No topo há menos lama de silte. Aparentemente ser-se-ia grande de de areia fina mal selecionada, a areia muito fina silteosa (ciclos milimétricos - 1mm)	
16,0						
16,5						
17,0	A-15 R-15				Mistura de lâminas laminadas de silte e areia. Há uma predominância laminar de silte e areia muito fina bem selecionada, lâminas variando de 0,1mm a 5mm. Laminar são orde- vados mas estão bem deformados	

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 02 / 08 / 23 DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS SILICICLÁSTICOS </div>									
POÇO: FGM	TESTO: 07	INTERV. 20,80 - 16,8	RECUP.	SONDADOR: m/	MEDIDA: m/	CAMPO/ÁREA:	FOLHA: /		
BACIA: Marajó	Fm.:	Mb.:							
GEÓLOGO: Giorgio	DATA:	ESCALA:							
LEGENDA: <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>X artefato ao pouco preservado</p> <p> ripple concavado</p> <p> lamina ondulada</p> </div> <div> <p> delapl</p> <p> lamina plana - fin</p> <p> interloc</p> </div> <div> <p>L LÂMINA</p> <p>D-DIV</p> <p>M-MEV</p> <p>G-GRANULOMETRIA</p> <p>C-CALCIMETRIA</p> <p>P-FLUG</p> <p>F-FOTO DE DETALHE</p> <p>PA-PALEONTOLOGIA</p> </div> </div>									
PROF. SOND. (m)	AMOSTRAG.	LITO.	GRANULOMETRIA E ESBOÇO	ESTRUTURA E DEMAIS FEIÇÕES	DESCRIÇÃO	FÁCIES			
			<small>AREIA</small> SX GR M G S F M S A						
17,0					Em direção ao topo predomina laminações de siltos heterolíticas com alguma laminação de areia muito fina e pontual lente de areia fina bem selecionada.				
17,5									
18,0					se torna mais fino em direção ao topo areia fina a muito fina mod. selecionada e intercalada cl lamina de siltos				
18,5	A-15 R-125				areia fina a muito fina, pouco selecionada, moda fina, intercalada com lamina ~ 2mm de siltos bem selecionado, camadas de argila des. (pedon areia) muito deform.				
19,0					por as camadas de areia possuem alguma areia areia granular de areia fina a média pouco selecionada siltos argens. (mais finos ao topo e des) cl inter. de argila com 5mm org.				
19,5					Sequências granulares no topo lamina de siltos - espessas				
20,0	A-15 R-15				Ciclos sempre pedon areia média				
20,50	A-04 R-04				laminações de areia heterolíticas intercaladas laminações plagioclásticas subhorizontal Litologias areia média bem selecionada (mais espessas) laminações esboço de areia muito fina a média mal selecionada (com areia esc. ura) por vezes lamina de areia média mal selecionada com areia org.				

01 / 08 / 23		DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS SILICICLÁSTICOS				
POÇO: FOM	TESTO: 08	INTERV. 23.3 20.20	RECUP.	SONDADOR: m/ %		
BACIA: Matyó	Fm.:	Mb.:	CAMPO/ÁREA:			
GEÓLOGO: Giorgio	DATA:	ESCALA:	FOLHA: /			
LEGENDA:					L-LÂMINA D-DREX M-MEV G-GRANULOMETRIA C-CALCIMETRIA P-PLUG F-FOTO DE DETALHE PA-PALEONTOLOGIA	
PROF. SOND. (m)	AMOSTRAG.	LITO.	GRANULOMETRIA E ESBOÇO	ESTRUTURA E DEMAIS FEIÇÕES	DESCRIÇÃO	FÁCIES
			AREIA SX GR HE G M F MF S A			
18.5					intercalação de areia com silt. camada sem tonificação gradual. Areia varia de med média a muito fina mal selecionada Silt. mal selecionado. Camada de silt. muito bem sel. ~ 5mm areia m.	
19.0						
19.5					 } graníticas	
20.0						
21.5	x				ciclos granodioríticos de areia média muito bem selecionada c/ argila cor ocre → lama de cor vermelha → silt. ex. clareia → arg. med. (ou sem camada de argila fina)	
22.0	A=J.5 R=J.6	x			intercalação de laminações heterolíticas de silt. e areia muito fina bem selecionada. Lamin. de silt. deformada e camada de argila fina formando sulco no silt.	
22.5	A=0.6 R=0.6				* No topo predom. interc. de areia muito fina silteosa c/ areia fina a média bem selecionada e areia fina	
23.0					* Laminações de areia fina, bem selecionada, c laminações de areia muito fina silteosa deform.	
23.5	A=0.0, R=0.7 *				intercalação de laminações de areia com variação no teor de argila e granulação da areia. laminações que contém ^{lama (argila)} são de cor ocre, média areia fina, mal selecionada e chegam até a fração areia média. As laminações bem escuras que apresentam uso: argila	

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> 01 / 08 / 23 <h2 style="margin: 0;">DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS SILICICLÁSTICOS</h2> </div>														
POÇO: F04		TESTO: 03		INTERV. 22,0 - 23,3		RECUP.		SONDADOR: m/ % MEDIDA: m/ %						
BACIA: Marajo		Fm.:		Mb.:		CAMPO/ÁREA:								
GEÓLOGO: Giorgio		DATA:		ESCALA:		FOLHA: /								
LEGENDA: Testemunho pouco recuperado <div style="float: right; font-size: 0.8em;"> L-LÂMINA D-DRE M-MEV G-GRANULOMETRIA C-CALCIMETRIA P-PLUG F-FOTO DE DETALHE PA-PALEONTOLOGIA </div>														
PROF. SOND. (m)	AMOSTRAG.	LITO.	GRANULOMETRIA E ESBOÇO							ESTRUTURA E DEMAIS FEIÇÕES	DESCRIÇÃO	FÁCIES		
			SX	GR	ÁREA				S				A	
22,5														
23,0		As												
23,5														
24,0														
24,5		Am												
25,0	A-15 B-15	As												
25,5		Am												
26,0		As												

31 / 07 / 22		DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS SILICICLÁSTICOS													
POÇO: F6M		TESTO: JO	INTERV. 230-260	RECUP.	SONDADOR: m/ %	MEDIDA: m/ %									
BACIA: Marajó		Fm.:	Mb.:	CAMPO/ÁREA:											
GEÓLOGO: GIORGIO		DATA:	ESCALA:	FOLHA: /											
LEGENDA: <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>/// cruz tab baixo ang</p> <p>/// ripple cl cruz ac</p> </div> <div> <p>poço preservado</p> <p>/// intrac</p> </div> </div>					L-LÂMINA D-DREX M-MEV G-GRANULOMETRIA C-CALCIMETRIA P-P.LIG F-FOTO DE DETALHE PA-PALEONTOLOGIA										
PROF. SOND. (m)	AMOSTRAG.	LITO.	GRANULOMETRIA E ESBOÇO							ESTRUTURA E DEMAIS FEIÇÕES	DESCRIÇÃO	FÁCIES			
			SX	GR	AREIA M G M F SF				S				A		
260															
265	A-15 R-15												 <p>areia seq granulosas ac</p>		
270															
275	A-10 R-10												<p>areia muito fina a media, mal selecionada.</p> <p>moda fina, com variações e dep de lama</p>		
280															
285	A-10 R-10														
290															

31 / 09 / 23		DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS SILICICLÁSTICOS												
POÇO: FOM		TESTO: 33	INTERV. 32,0 - 29,0		RECUP.	SONDADOR: m/ %								
BACIA: Marajo		Fm.:	Mb.:		CAMPO/ÁREA:									
GEÓLOGO: Giorgio		DATA:	ESCALA:		FOLHA: /									
LEGENDA:							L-LÂMINA D-DIR M-MEV G-GRANULOMETRIA C-CALCIMETRIA P-PLUG F-FOTO DE DETALHE PA-PALEONTOLOGIA							
PROF. SOND. (m)	AMOSTRAG.	LITO.	GRANULOMETRIA E ESBOÇO								ESTRUTURA E DEMAIS FEIÇÕES	DESCRIÇÃO	FACIES	
			SX	GR	AREIA				S	A				
29,0														
29,5														
30,0	A-15 R-15												areia muito fina a média, modo fino, moderada- mente selecionada. intencio muito alterado. (bom) lamin. cruz e plan. par baixo ang	
30,5														
31,0														
31,5	A-15 R-15												areia granodolomítica com lamelas, na base areia muito fina a média, com intercalos de lama, mal se- lecionada, quando para a areia média bem selecionada e por último para areia há bem selecionada (11mm. cruz de baixo ângulo esp.) contém no	
32,0													areia muito fina a média, pouco selecionada, modo fino, com grande quantidade de intercalos de lama e no carb. (planta)	

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 31 / 07 / 23 DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS SILICICLÁSTICOS </div>														
POÇO: FGM	TESTO: J3	INTERV. 37.8 - 38.0	RECUP.	SONDADOR: m/ %	MEDIDA: m/ %									
BACIA: Marajo	Fm.:	Mb.:	CAMPO/ÁREA:											
GEÓLOGO: Giorgio	DATA:	ESCALA:	FOLHA: /											
LEGENDA: <div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: small;"> <div> ≡ lamina planar ~ lamina ondulada // ripple cruzada acanalada </div> <div> SN def plastica // linha inverso </div> <div> ~ casim ~ sulco ~ est de escote </div> <div> 6 NO carb A Jolo </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> L-LAMINA D-DRE M-MEV G-GRANULOMETRIA C-CALCIMETRIA P-PLUS F-FOTO DE DETALHE PA-PALEONTOLOGIA </div> </div>														
PROF. SOND. (m)	AMOSTRAG.	LITO.	GRANULOMETRIA E ESBOÇO							ESTRUTURA E DEMAIS FEIÇÕES	DESCRIÇÃO	FÁCIAS		
			SX	GR	MG	G	H	F	MF	S	A			
33.5														
34.0														
34.5														
35.0	?											SN		
35.5	S=0.9m												6 6 6	
36.0	A=J5 R=J5 *												6	
36.5	*												6	
37.0	*												6 6 6	
37.5	A=J6 R=J6												6 6 6	
38.0													6 6 6	
<p>* Associado as camadas/laminas de areia com lam. finas de MO grandes</p> <p>* Nas camadas de areia média predominam estratificações cruzadas acanaladas (ripples) e dep. ondulada, enquanto que nas de silte predomina deposição por decantação (laminas onduladas sim.)</p> <p>intercalação de laminas de silte e areia: a granulação da areia varia ao longo do testemunho e entre as camadas</p>														

97 / 07 / 93 DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS SILICICLÁSTICOS																	
POÇO: F&M		TESTO: J4		INTERV. 403 - 37.8		RECUP.		SONDADOR: m/ % MEDIDA: m/ %									
BACIA: Marajó		Fm.:		Mb.:		CAMPO/ÁREA:											
GEÓLOGO: Giorgio		DATA:		ESCALA:		FOLHA: /											
LEGENDA: <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div> <p>6 MO carb SN dos plast ~ onol</p> <p>lente areia M = lam pp</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; font-size: 0.8em;"> L-LÂMINA D-DRE M-MEV G-GRANULOMETRIA C-CALCIMETRIA P-PLUS F-FOTO DE DETALHE PA-PALEONTOLOGIA </div> </div>																	
PROF. SOND. (m)	AMOSTRAG.	LITO.	GRANULOMETRIA E ESBOÇO										ESTRUTURA E DEMAIS FEIÇÕES	DESCRIÇÃO	FÁCIES		
			SX	GR	10	6	4	2	1	0	S	A					
37.5														6	x	intercalação de camadas/lâminas de silte cinza, silte amarelado e areia muito fina a média. No topo predomina areia média e silte cinza. Pouca estrat. pps	
38.0														6	x		
38.5														6	x	intercalação de silte hetero com lentes de Amf	
39.0	A-15 R-15													6	x	intercalação de lâminas de areia muito fina a fina com muita MO carb e camadas de silte amarelado bem irregular	
39.5														6	x		
40.0														6	x	intercalação de camadas/lâminas de areia muito fina bem selecionada com MO carbonizada (provavelmente plantas), com camadas heterolíticas de silte cinza claro e escuro. Na base do intervalo as camadas de areia são mais espessas e intercalam com camadas centimétricas de silte de cor amarelada. No topo predomina lâmin. heterolíticas de silte (pred. de cor escura, as mais claras são regulares) lentes de areia	
40.5	A-15 R-15 S-12B													6	x		
41.0	40.8 (17)													6	x	há tendência de diminuição de gran em direção ao topo	
41.5														6	x	laminas heterolíticas de silte intercaladas com lâminas de areia muito fina bem selecionada	
42.0														6	x	intercalação de areia muito fina a média com lâminas de argila silteosa amarelada	
42.5														6	x	intercalação de lâminas de areia fina a muito fina bem selecionada, com lâminas de silte → laminas ondul que podem ser de det. muita MO nas camadas de areia predom silte	

DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS SILICICLÁSTICOS															
POÇO: FOM	TESTO: 16	INTERV. 490-460	RECUP.	SONDADOR: m/ %	MEDIDA: m/ %										
BACIA: Marajó	Fm.:	Mb.:	CAMPO/ÁREA:												
GEÓLOGO: Grogio	DATA:	ESCALA:	FOLHA: /												
LEGENDA: mm desamplosta - des colher * Sob								L-LÂMINA D-DIX M-MEV G-GRANULOMETRIA C-CALCIMETRIA P-PLUG FOTO DE DETALHE PA-PALEONTOLOGIA							
PROF. SOND. (m)	AMOSTRAG.	LITO.	GRANULOMETRIA E ESBOÇO										ESTRUTURA E DEMAIS FEIÇÕES	DESCRIÇÃO	FÁCIES
			AREIA SX GR IG G M F W S A												
44.5			[Gráfico de Perfil]										mm >>>		
45.0			[Gráfico de Perfil]										mm >>>		
45.5			[Gráfico de Perfil]										mm >>>		
46.0			[Gráfico de Perfil]										mm		
46.5			[Gráfico de Perfil]										mm		
47.0	A-15 R-15		[Gráfico de Perfil]										mm ss		
47.5			[Gráfico de Perfil]										mm ss		
48.0			[Gráfico de Perfil]										mm ss		
48.5	G-07 A-15 R-15		[Gráfico de Perfil]										mm ss		
49.0			[Gráfico de Perfil]										mm ss		

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> 26 / 07 / 23 DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS SILICICLÁSTICOS </div>																
POÇO: FSM		TESTO: J7		INTERV. 48,3 - 49,1		RECUP.		SONDADOR: m/ % MEDIDA: m/ %								
BACIA: Marajó		Fm.:		Mb.:		CAMPO/ÁREA:										
GEÓLOGO: Givoglio		DATA:		ESCALA:		FOLHA: /										
LEGENDA: sm des des corner * foto								L-LÂMINA D-DRE W-WEV G-GRANULOMETRIA C-CALCIMETRIA P-PULS F-FOTO DE DETALHE PA-PALEONTOLOGIA								
PROF. SOND. (m)	AMOSTRAG.	LITO.	GRANULOMETRIA E ESBOÇO										ESTRUTURA E DEMAIS FEIÇÕES	DESCRIÇÃO	FÁCIES	
			SX	GR	ÁREA					S	A					
48,5																
49,0																
49,5																
50,0	A=15 R=15	LITOLOGIA														
50,5																
51,0	A=12 R=12															
51,5																
52,0																
52,5	G=0,7 A=15 R=15 *															
53,0																

As laminações neste testemunho são mais irregulares e podem ser mais grossas. Os espaços vazios ocorrem nas camadas mais claras de silte.

Silte e laminações deformadas pouco preservadas.

Silte com laminações helicoidais e deformação plástica.

26 / 07 / 23										DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS SILICICLÁSTICOS														
POÇO: F3M					TESTO: J8					INTERV. 530 - 570					RECUP.					SONDADOR: m/ %				
BACIA: Marajo					Fm.:					Mb.:					CAMPO/ÁREA:					MEDIDA: m/ %				
GEÓLOGO: Giorgio					DATA:					ESCALA:					FOLHA: /									
LEGENDA: deformação def. colher 1m sete															L-LÂMINA D-DREX M-MEV G-GRANULOMETRIA C-CALCIMETRIA P-PLUG F-FOTO DE DETALHE PH-PALEONTOLOGIA									
PROF. SOND. (m)	AMOSTRAG.	LITO.	GRANULOMETRIA E ESBOÇO										ESTRUTURA E DEMAIS FEIÇÕES	DESCRIÇÃO	FÁCIES									
			SX	GR	ÁREA					S	A													
535																								
530	*														Trecho menos deformado (foto)									
535																								
540	A=J5 R=J5														é possível observar limites de séries de laminares de areia									
545																								
550																								
555	S=J45 A=J5 R=J5														Sítio laminado, bem selecionado, com poucas estruturas visíveis, há espaços vazios que indicam que os sedimentos foram deformados plasticamente, mas que possuem estratificação pouco preservada									
560	*														(as def são reconhecidas principalmente pelos espaços vazios)									
565															já não é mais possível observar as laminares heterod.									
570															(?)									

20 / 07 / 83		DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS SILICICLÁSTICOS			
POÇO: FGM	TESTO: B	INTERV. 60,5 - 56,85	RECUP.	SONDADOR: m/ %	
BACIA: Marajo	Fm.:		Mb.:	MEDIDA: m/ %	
GEÓLOGO: Giorgio B	DATA:		ESCALA:	CAMPO/ÁREA:	
					FOLHA: /

LEGENDA:

✓ marca ripple

/// cruzada

* Solo

6 MO caro

• mbac.

m. contato eros.

x arefalo

= planipor

/// folha inv.

NZ des' duc

U des' duc colher

} deve ser mesmo

L-LÂMINA
D-DEIX
M-MEV
G-GRANULOMETRIA
C-CALCIMETRIA
F-FUGO
F-FOTO DE DETALHE
PA-PALEONTOLOGIA

PROF. SOND. (m)	AMOSTRAG.	LITO.	GRANULOMETRIA E ESBOÇO										ESTRUTURA E DEMAIS FEIÇÕES	DESCRIÇÃO	FÁCIES	
			SX	GR	AREIA					S	A					
					ME	G	M	F	F							
56,85																
57,0	A=15 R=15												mm mm mm	<p>* Interbedição de lâminas de silte mais escuras com claro, as laminações claras apresentam serpes mais grossas. Na base do intervalo as lâminas são mais finas enquanto que tendem a ficar mais espessas em direção ao topo. As mais escuras apresentam predominar no topo. Os tipos de estrat. mudam. Apresentam deformação ductil e rotação (inv.)</p>		
57,5													mm mm mm			
58,0													mm mm mm			
58,5	A=14 R=14	AS											6 acarpal	<p>* granodíoritos bem selecionada, ci médio, equal com clivagem prima</p>		
59,0	am	SA											6 6 6	<p>* areia muito fina a fina bem selecionada</p>		
59,5		AmS											6 6 6	<p>areia fina a média, bem selecionada, granodíoritos</p>		
60,0		AF											6 6 6	<p>com grad. de areia média bem selecionada granodíoritos e mbac. (silte) espacos vazios entre de areia predomina silte ci poucos lâminas de areia muito fina - modo fina, pouco sel</p>		
60,5		Ag											6 6 6	<p>interbedição de areia muito fina a média com laminações cruzadas, tabulares e canchais/lâminas de silte c/ mo, (marcos de onda?) Apresentam serpes ciclos granodíoritos</p>		
61,0	S=140m R=10 A=10	Ar											6 6 6			

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 20 / 07 / 22 DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS SILICICLÁSTICOS </div>											
POÇO: F6M	TESTO: 2J	INTERV. 686 - 64.7	RECUP.	SONDADOR: m/ %	MEDIDA: m/ %						
BACIA: Marajó	Fm.:	Mb.:	CAMPO/ÁREA:								
GEOLOGO: Giorgio	DATA:	ESCALA:	FOLHA: /								
LEGENDA: <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="width: 60%;"> <p>* Foto</p> <p>Il. Selo de amostra em lâmina, no selo há fr.</p> <p>6 MO carb</p> <p>lamin argila roxa</p> <p>lamin. cl MO carb</p> <p>placav</p> <p>fol exp.</p> <p>sem pl amast.</p> <p>sem lam def</p> </div> <div style="width: 35%; font-size: 0.8em;"> <p>L-LÂMINA</p> <p>D-DIX</p> <p>M-MEV</p> <p>G-GRANULOMETRIA</p> <p>C-CALCIMETRIA</p> <p>P-PLUG</p> <p>F-FOTO DE DETALHE</p> <p>PA-PALEONTOLOGIA</p> </div> </div>											
PROF. SOND. (m)	AMOSTRAG.	LITO.	GRANULOMETRIA E ESBOÇO						ESTRUTURA E DEMAIS FEIÇÕES	DESCRIÇÃO	FÁCIES
			SX	GR	ÁREA MO G M F IF						
645											
650	*										
655	*										
660		sl								<p>* silte bem selecionado, laminares deformadas interna. brdo cinza claro e escuro com MO; há laminares de MO carbonatado e argila roxa</p> <p>* os dados são granulométricos. silte + gesso pl fino ~ 5-10,mm</p>	
665											
668	A: 0.15										
670	R: 0.15									<p>silte. bem selecionado. laminares deformadas incluindo cinza claro e escuro. a cor escura aparenta ter MO; camadas mais claras estão menos deformadas. nas deform. massas há cinza mlt fina, mais detritica</p>	
675											
680	A: 0.25	AmS									
	R: 0.25									<p>* areia muito fina a fina - areia muito fina granulométrica ascendente, bem selecionado</p>	
685		As									
690											

18 / 07 / 23		DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS SILICICLÁSTICOS													
POÇO: FBM	TESTO: 62	INTERV. 72.3 - 68.6	RECUP.	SONDADOR: m/	%										
BACIA: Marajó	Fm.:	Mb.:	CAMPO/ÁREA:												
GEOLOGO: GURGID	DATA:	ESCALA:	FOLHA: /												
LEGENDA: <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div> <p>♦ intrusão de lava</p> <p>x aretado</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><i>Sumpl. aretado mas da</i></p> </div> <div style="font-size: 0.8em;"> <p>L-LÂMINA</p> <p>D-DREX</p> <p>M-MEV</p> <p>G-GRANULOMETRIA</p> <p>C-CALCIMETRIA</p> <p>P-PLUS</p> <p>F-FOTO DE DETALHE</p> <p>PA-PALEONTOLOGIA</p> </div> </div>															
PROF. SOND. (m)	AMOSTRAG.	LITO.	GRANULOMETRIA E ESBOÇO								ESTRUTURA E DEMAIS FEIÇÕES	DESCRIÇÃO	FÁCIES		
			SX	GR	AREIA				S	A					
68.0															
68.5															
69.0	A=3 B=0.8	[Linha amarela desenhada]									♦	intrusão de lava			
69.5											x				
70.0											x				
70.5											x	partes gross c/ all. oxido ferro			
71.0											x				
71.5	B=0.8										x	* areia muito fina a med. para selecionada.			
72.0											x	Si estratificadas, por x. gross c/ lamina verde			

19 / 09 / 23										DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS SILICICLÁSTICOS														
POÇO: FGM					TESTO: 23					INTERV. 76,3 - 76,5					RECUP.					SONDADOR: m/ %				
BACIA: Marajo					Fm.:					Mb.:					CAMPO/ÁREA:									
GEÓLOGO: Givoglio					DATA:					ESCALA:					FOLHA: /									
LEGENDA: <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>☐ lamel. corada de argila roxa</p> <p>≡ lam. planar</p> <p> com. deformada</p> </div> <div> <p>bom pl. colada amarela</p> <p>* foto</p> </div> <div> <p>L-LÂMINA</p> <p>D-DRE</p> <p>M-MEV</p> <p>G-GRANULOMETRIA</p> <p>C-CALCULOMETRIA</p> <p>P-PLUG</p> <p>F-FOTO DE DETALHE</p> <p>PA-PALEONTOLOGIA</p> </div> </div>																								
PROF. SOND. (m)	AMOSTRAG.	LITO.	GRANULOMETRIA E ESBOÇO										ESTRUTURA E DEMAIS FEIÇÕES	DESCRIÇÃO	FÁCIES									
			SX	GR	AREIA					S	A													
72,0																								
72,5																								
73,0		Am																						
73,5																								
74,0															* areia muito fina a média, pouco selecionada, grãos subarr. a sub arg. subesféricos. por vezes ramadas cl. areia grossa									
74,5																								
75,0																								
75,5		Sl													* Grão laminado, bem selecionado, com laminações plano-paralelas deformadas									
76,0																								
76,5																								
76,3																								
76,5																								

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 18 / 07 / 23 DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS SILICICLÁSTICOS </div>													
POÇO: FOM		TESTO: 24		INTERV. 80 76		RECUP.		SONDADOR: m/ % MEDIDA: m/ %					
BACIA: Marajó		Fm.:		Mb.:		CAMPO/ÁREA:							
GEÓLOGO: Giorgio		DATA:		ESCALA:		FOLHA: /							
LEGENDA: <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start; margin-top: 10px;"> <div style="width: 60%;"> <p>SNL com def</p> <p>lente argila roxa</p> <p style="color: red;">* FOTO</p> </div> <div style="width: 35%; font-size: 0.8em;"> L-LÂMINA D-DRX M-MEV G-GRANULOMETRIA C-CALCIMETRIA P-PLUG F-FOTO DE DETALHE PA-PALEONTOLOGIA </div> </div>													
PROF. SOND. (m)	AMOSTRAG.	LITO.	GRANULOMETRIA E ESBOÇO							ESTRUTURA E DEMAIS FEIÇÕES	DESCRIÇÃO	FÁCIES	
			SX	GR	AREIA M G F F			S	A				
755													
760										SNL			
765										SNL			
770										SNL			
775										SNL			
780										camada ~ 4cm argila roxa			
785										SNL			
790										SNL			
795										SNL			
800										SNL			

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 18 / 07 / 23 DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS SILICICLÁSTICOS </div>														
POÇO: FGM		TESTO: 25		INTERV. 84,3 - 80,3		RECUP.		SONDADOR: m/ % MEDIDA: m/ %						
BACIA: Mangó		Fm.:		Mb.:		CAMPO/ÁREA:								
GEÓLOGO: GIORGIO		DATA:		ESCALA:		FOLHA: /								
LEGENDA: <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="width: 60%;"> <p> lente de argila rosa</p> <p> lamin plan par</p> <p> sulc dos</p> <p> 4 FOTO</p> </div> <div style="width: 35%; font-size: 0.8em;"> <p>Aparente de color fragmentado, está bem preservado</p> <p> L-LÂMINA D-DIX M-MEV G-GRANULOMETRIA C-CALCIMETRIA P-PLUG F-FOTO DE DETALHE PA-PALEONTOLOGIA </p> </div> </div>														
PROF. SOND. (m)	AMOSTRAG.	LITO.	GRANULOMETRIA E ESBOÇO							ESTRUTURA E DEMAIS FEIÇÕES	DESCRIÇÃO	FÁCIES		
			SX	GR	MD	ARGILA	G	M	F	S	A			
79,5														
80,0														
80,5														
81,0	S-1,40 l-1,5													
81,5	*													
82,0														
82,5														
83,0														
83,5	S-1,60m													
84,0														
84,5														
85,0														
85,5														
86,0														
86,5														
87,0														
87,5														
88,0														
88,5														
89,0														
89,5														
90,0														
90,5														
91,0														
91,5														
92,0														
92,5														
93,0														
93,5														
94,0														
94,5														
95,0														
95,5														
96,0														
96,5														
97,0														
97,5														
98,0														
98,5														
99,0														
99,5														
100,0														

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 17 / 09 / 23 DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS SILICICLÁSTICOS </div>														
POÇO: F54	TESTO: 26	INTERV. 88,0 - 84,0	RECUP.	SONDADOR: m/ %	MEDIDA: m/ %									
BACIA: MARAÓ	Fm.:	Mb.:	CAMPO/ÁREA:											
GEOLOGO: GIORGIO	DATA:	ESCALA:	FOLHA: /											
LEGENDA: <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="width: 60%;"> <p> Silty sandstone ≡ pp da pl fazer varias medidas</p> <p> lamin db</p> </div> <div style="width: 35%; font-size: 0.8em;"> L-LÂMINA D-DREX M-MEV G-GRANULOMETRIA C-CALCIMETRIA P-PLUG F-FOTO DE DETALHE PA-PALEONTOLOGIA </div> </div>														
PROF. SOND. (m)	AMOSTRAG.	LITO.	GRANULOMETRIA E ESBOÇO							ESTRUTURA E DEMAIS FEIÇÕES	DESCRIÇÃO	FÁCIES		
			SX	GR	AREIA	M	G	F	S	A				
83,5														
84,0														
84,5		Sil											<p>* siltito laminado c/ interc de laminae claras e escuras → areias granodensantes de lam clara e escura há polígonos de dobramentos e falhas, não há mais argila-rosa → areias mistas</p>	
85,0														
85,5														
86,0														
86,5														
87,0	S: 1,8m P: 1,5 A: 3												<p>* areias - lim siltite a camada de argila-rosa no topo? ou de siltite escuro no topo</p>	
87,5	* AMOSTRA * FOTO												<p>* siltito laminado, bem selecionado intercalado com algumas camadas de laminae de argila-rosa: siltite apresenta interc. de camadas escuras e claras; lamin. plan. paralelas deformadas e falhadas (falhas normais) - predomin. areia</p>	
88,0														

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 17 / 07 / 23 DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS SILICICLÁSTICOS </div>													
POÇO: FBM		TESTO: 27		INTERV. 81,7 - 88,0		RECUP.		SONDADOR: m/ % MEDIDA: m/ %					
BACIA: Marajó		Fm.:		Mb.:		CAMPO/ÁREA:							
GEÓLOGO: GIORGIO		DATA:		ESCALA:		FOLHA: /							
LEGENDA: <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="width: 60%;"> <p>x sl est.</p> <p>• sexo</p> <p>6 biac</p> <p>◊ intrac</p> <p>→ cue tabo ang</p> <p>≡ planpar</p> </div> <div style="width: 35%; font-size: 0.8em;"> L-LÂMINA D-DIX M-MEV G-GRANULOMETRIA C-CALCULOMETRIA P-PLUG F-FOTO DE DETALHE PA-PALEONTOLOGIA </div> </div>													
PROF. SOND. (m)	AMOSTRAG.	LITO.	GRANULOMETRIA E ESBOÇO							ESTRUTURA E DEMAIS FEIÇÕES	DESCRIÇÃO	FÁCIES	
			SX	GR	ME	G	M	F	S				A
87,0													
87,5													
87,85													
88,0	* FOTO * AMOSTRA											* laminação de silte bem selecionado com laminação de areia fina a média, mal selecionada, com seixos de até 5mm, intraclastos. (na areia predom. laminações curvadas e planares, enquanto que no silte há deformação por ser granodet.)	
88,5												* areia fina a média, mal sel., cl. intrac silte bem sel. - sl est.	
89,0	S = 0,55m L = 1,1 R = 0,5											areia muito fina a <u>grossa</u> / sl. estrut. / m. frak areia muito fina a grossa, mal selecionada, com seixos de até 5mm, intraclastos, grande qtd. de intrac, areia cruzada, pouca estrutura → m. brn.	
89,5													
90,0	S = 2,65m FOTO											areia muito fina a grossa, mal selecionada, grão de até 5mm, grande quantidade de intraclastos, M.O., casco ferruginoso, biac.	
90,5	* AMOS											laminação cue tab de tabo ang	
91,0													
91,7												areia fina a média, pouca selec. cl. intraclastos de pólitto	

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 14 / 07 / 23 DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS SILICICLÁSTICOS </div>													
POÇO: FGM		TESTO: 28		INTERV. 252 - 208		RECUP.		SONDADOR: m/ % MEDIDA: m/ %					
BACIA: Marajo		Fm.:		Mb.:		CAMPO/ÁREA:							
GEÓLOGO: Giorgio		DATA:		ESCALA:		FOLHA: /							
LEGENDA: <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="width: 60%;"> <p># - intachado</p> <p>* Amostra</p> <p style="margin-top: 10px;">Testemunho bem fraturado e irregular</p> </div> <div style="width: 35%; font-size: 0.8em;"> L-LAMINA D-DREX M-MEV G-GRANULOMETRIA C-CALCIMETRIA P-PLUS F-FOTO DE DETALHE PA-PALEONTOLOGIA </div> </div>													
PROF. SOND. (m)	AMOSTRAG.	LITO.	GRANULOMETRIA E ESBOÇO							ESTRUTURA E DEMAIS FEIÇÕES	DESCRIÇÃO	FÁCIES	
			SX	GR	ÁREA M G S F SF				S				A
208													
315													
320													
325	S-153 R-25 R-061												
330		As											
335													
340	S-1653 R-115 R=												
345													
350	*												
355													

* areia muito fina a média, modo fino, moderadamente selecionada, grãos subarred. a subarred., microsselos de pelito de fração areia por mutagênese arredondados e achatados

* areia muito fina a média, moderadamente selecionada (modo fino) grãos subarredondados e esferas, micro-clasto de pelito

13 / 07 / 03 DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS SILICICLÁSTICOS													
POÇO: FOM		TESTO: 29		INTERV. 93,5 - 98,3		RECUP.		SONDADOR: m/ % MEDIDA: m/ %					
BACIA: Marajó		Fm.:		Mb.:		CAMPO/ÁREA:							
GEÓLOGO: Giorgio		DATA:		ESCALA:		FOLHA: /							
LEGENDA: (cade serializai de base analise de luminescencia)													
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> * miltachelos </div> <div style="font-size: small;"> L-LÁMINA D-DEB M-MEV G-GRANULOMETRIA C-CALCIMETRIA P-PLUG F-FORD DE DETALHE PA-PALEONTOLOGIA </div> </div>													
PROF. SOND. (m)	AMOSTRAG.	LITO.	GRANULOMETRIA E ESBOÇO							ESTRUTURA E DEMAIS FEIÇÕES	DESCRIÇÃO	FÁCIES	
			SX	GR	ÁREA			S	A				
95,0													
95,5													
96,0		As											
96,5													
97,0													
97,5													
98,0		Am											
98,5													
99,0													
99,5													

* area fina, moderadamente selecionada, grãos subarredondados a subesféricos, miltachelos de pelotas (asféricas e cilíndricas)

1,35m
R=0,75

* area media, pouco selecionada (fina e grossa), grãos subarredondados e subesféricos, sem estrutura aparente

11 / 07 / 23		DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS SILICICLÁSTICOS														
POÇO: CORE FGM		TESTO: 30	INTERV. 103,5	RECUP.	SONDADOR: m/ %	MEDIDA: m/ %										
BACIA:		Fm.:	Mb.:	CAMPO/ÁREA:												
GEÓLOGO: GIORGIO		DATA:	ESCALA:	FOLHA: /												
LEGENDA: Intervalo: 103,5m - 99,5 # Intactado						L-LÂMINA D-DREX M-MEV G-GRANULOMETRIA C-CALCIMETRIA P-PLUG F-FOTO DE DETALHE PA-PALEONTOLOGIA										
PROF. SOND. (m)	CAIXA	AMOSTRAG.	LITO.	GRANULOMETRIA E ESBOÇO										ESTRUTURA E DEMAIS FEIÇÕES	DESCRIÇÃO	FÁCIES
				AREIA												
				SX	GR	MG	G	M	F	MF	S	A				
99,0																
99,50			As												* areia fina a média, pouco sel. grãos arredondados	
1000			Am												areia fina a média, pouco selecionada, cl. intraclastos de lama arredondados; porções na areia grossa, arred e sel. lam. planipar. ruz	
1005																
1010			Am												* areia fina a grossa, mal selecionada, med. média, grãos arred e sel.	
1015																
1020			* Am												areia fina a média pouco selecionada, grãos até 15mm	
1025			*												* areia muito fina a fina, pouco selecionada, grãos espessos de areia grossa e m. grossa e intraclastos de lama arred e selados	
1030			As												areia fina a muito fina, moderadamente selecionada, com grãos espessos de am. arredondados e esferóides, lam. planipar e cruz bascular, pouco m. para laminação	
1035																

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 09 / 07 / 88 DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS SILICICLÁSTICOS </div>												
POÇO: F6 M		TESTO: 33		INTERV. 1078-1035		RECUP.		SONDADOR: m/ % MEDIDA: m/ %				
BACIA: Marajó		Fm.:		Mb.:		CAMPO/ÁREA:						
GEÓLOGO: Giorgio		DATA:		ESCALA:		FOLHA: /						
LEGENDA: <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="width: 30%;"> <p>≡ plan-par</p> <p>≡ 6 bar</p> <p>≡ cruze</p> </div> <div style="width: 40%; font-style: italic;"> ciclos gradacionais de areia média p/ fina c/ concentração de bioclásticos (sementes?) </div> <div style="width: 25%; font-size: 0.8em;"> L-LÂMINA D-DREX M-MEV G-GRANULOMETRIA C-CALCULOMETRIA P-PLUG F-FOTO DE DETALHE PA-PALEONTOLOGIA </div> </div>												
PROF. SOND. (m)	AMOSTRAG.	LITO.	GRANULOMETRIA E ESBOÇO							ESTRUTURA E DEMAIS FEIÇÕES	DESCRIÇÃO	FACIES
			SX GR MS G M F SF S A									
1038.0												
1035												
1040												
1045												
1050												
1055												
1060												
1065												
1070												
1075												

22 / 06 / 22		DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS SILICICLÁSTICOS														
POÇO: FSM		TESTO: 32	INTERV. 112,3 - 107,5		RECUP.	SONDADOR: m/ %										
BACIA:		Fm.:	Mb.:		CAMPO/ÁREA:											
GEÓLOGO: GIORGIO		DATA:	ESCALA:		FOLHA: /											
LEGENDA: x = arejado						L-LÂMINA D-DREX M-MEV G-GRANULOMETRIA C-CALCIMETRIA P-PLUG H-HISTÓRICO DE DETALHE PA-PALEONTOLOGIA										
PROF. SOND. (m)	AMOSTRAG.	LITO.	GRANULOMETRIA E ESBOÇO										ESTRUTURA E DEMAIS FEIÇÕES	DESCRIÇÃO	FACIES	
			SX	GR	MO	G	M	F	W	S	A					
108,0	até 109,5m	Am												x	* areia muito fina a grossa, moda areia média, pouco selecionada, grãos que atingem a 3mm de diâmetro, bem arredondados e esféricos, sl estruía. Sl MO.	
108,5																
109,0																
109,5		Amf												x	* areia muito fina, bem selecionada, grãos arredondados, esféricos	
110,0		As												y	* areia fina bem selecionada. não há ou há pouco MO	
110,5																
111,0																
111,5		As												x	areia fina a média, moderadamente selecionada, grãos arredondados e esféricos, algumas laminações plano. paralelas visíveis	
112,0		As												y	areia fina bem selecionada laminações planares. cl azul de baixo angular	
112,5															slg lito arredondado sedm bem arredondado, pouco esférico, cimentado, arredondado / estruía cruz	
113,0														✓	areia fina a média, moda fina, bem selecionada grãos arredondados, esféricos, possui MO. sem estruía	
113,5		u f pf														

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 15 / 06 / 23 DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS SILICICLÁSTICOS </div>																
POÇO: F01		TESTO: 33		INTERV. 11620 - 11613 m		RECUP.		SONDADOR: m/ % MEDIDA: m/ %								
BACIA:		Fm.:		Mb.:		CAMPO/ÁREA:										
GEÓLOGO: GIORGIO		DATA:		ESCALA:		FOLHA: /										
LEGENDA:								L-LÂMINA D-DREX M-MEV G-GRANULOMETRIA C-CALCIMETRIA P-PLUG F-FOTO DE DETALHE PA-PALEONTOLOGIA								
PROF. SOND. (m)	AMOSTRAG.	LITO.	GRANULOMETRIA E ESBOÇO										ESTRUTURA E DEMAIS FEIÇÕES	DESCRIÇÃO	FÁCIES	
			SX	GR	ÁREA					S	A					
112																
112.5		As											D = 6			
113													H //			
113.5													H //			
114													H //			
114.5		As											D = 6			
115													D //			
115.5													D //			
116													D //			
116.5													D //			

14 / 06 / 83		DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHOS SILICICLÁSTICOS													
POÇO: COFE FSM		TESTO: 34	INTERV. 130-136	RECUP.	SONDADOR: m/ % MEDIDA: m/ %										
BACIA:		Fm.:	Mb.:	CAMPO/ÁREA:											
GEÓLOGO: Giorgio		DATA:	ESCALA:	FOLHA: /											
LEGENDA: <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> ◇ Intachato U deformação lateral ≡ laminação planoparalela </div> <div> ● lentes de barra 6 fósil ~ contato ondulado irregular </div> </div>					<small> L-LÂMINA D-DREX M-MEV G-GRANULOMETRIA C-CALCIMETRIA P-PLUG F-FOTO DE DETALHE PA-PALEONTOLOGIA </small>										
PROF. SOND. (m)	AMOSTRAG.	LITO.	GRANULOMETRIA E ESBOÇO										ESTRUTURA E DEMAIS FEIÇÕES	DESCRIÇÃO	FÁCIES
			SX	GR	AR	FI	MS	SA							
136		LITOLOGIA											◇ 6		
135.5													◇ 6		
													◇ 6		
137													◇ 6		
													◇ 6		
137.5													◇ 6		
													◇ 6		
138													◇ 6		
													◇ 6		
138.5													◇ 6		
139		LITOLOGIA										◇ 6			
												◇ 6			
												◇ 6			
139.5												◇ 6			
												◇ 6			
140												◇ 6			