



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JULIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS
EXATAS



Trabalho de Formatura

Curso de Graduação em Geologia

**CARACTERIZAÇÃO DE SEDIMENTOS DO TESTEMUNHO NAP61-1 DA PLATAFORMA
CONTINENTAL DA BACIA DE SANTOS POR MEIO DE SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA**

Celine Coutinho de Oliveira

Profa. Dra. Maria Rita Caetano Chang (orientadora)

Prof. Dr. Luigi Jovane (coorientador)

Rio Claro (SP)

2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Câmpus de Rio Claro

CELINE COUTINHO DE OLIVEIRA.

CARACTERIZAÇÃO DE SEDIMENTOS DO TESTEMUNHO
NAP61-1 DA PLATAFORMA CONTINENTAL DA BACIA DE
SANTOS POR MEIO DE SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto de
Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio
Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho, para obtenção do grau de Geólogo.

Rio Claro – SP

2013

550
O48c Oliveira, Celine Coutinho de
Caracterização de Sedimentos do Testemunho NAP61-1 da
Plataforma Continental da Bacia de Santos por meio de
Susceptibilidade Magnética / Celine Coutinho de Oliveira. -
Rio Claro, 2013
54 f. : il., figs.

Trabalho de conclusão de curso (Geologia) - Universidade
Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Maria Rita Caetano Chag
Coorientador: Luigi Jovane

1. Geologia. 2. Magnetismo ambiental. I. Título.

CELINE COUTINHO DE OLIVEIRA

**CARACTERIZAÇÃO DE SEDIMENTOS DO TESTEMUNHO
NAP61-1 DA PLATAFORMA CONTINENTAL DA BACIA DE
SANTOS POR MEIO DE SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA**

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto de
Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio
Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho, para obtenção do grau de Geólogo.

Comissão Examinadora

Profª Drª Maria Rita Caetano Chag (orientadora)

Prof. Dr. Walter Malagutti Filho

Ms. Daniel Rodelli

Rio Claro, 21 de Novembro de 2013.

Celine Coutinho de Oliveira

Profª. Drª Maria Rita Caetano Chag

Dedico este trabalho à garra das mulheres da minha família

“E vocês sabem o que é um sonhador, cavalheiros? É um pecado personificado, uma tragédia misteriosa, escura e selvagem, com todos os seus horrores frenéticos, catástrofes, devaneios e fins infelizes... um sonhador é sempre um tipo difícil de pessoa porque ele é enormemente imprevisível: umas vezes muito alegre, às vezes muito triste, às vezes rude, noutras muito compreensivo e enternecedor, num momento um egoísta e noutro capaz dos mais honoráveis sentimentos... não é uma vida assim uma tragédia? Não é isto um pecado, um horror? Não é uma caricatura? E não somos todos mais ou menos sonhadores? ”

Fiódor Dostoiévski, em Escritos Ocasionais

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente minha família, em especial minha mãe Irene e minhas tias Margot e Regina, por sempre acreditarem em mim, pelo apoio e carinhos sem fim.

Gostaria de agradecer imensamente a Prof^a. Gilda, que mais que uma professora foi uma mãe para mim, me ajudando e apoiando sempre.

Ao Prof^o. Edison (*in memoriam*), por ter sido além de professor um pai, por todo o incentivo e pelas broncas que me motivaram, me fizeram amadurecer e a finalmente me tornar geóloga.

A Prof^a. Maria Rita, por aceitar me orientar e me apoiar quando eu estava mais perdida.

Ao Prof^o. Luigi, por me coorientar e me possibilitar trabalhar nos sedimentos da NAP.

Ao Daniel pela grande ajuda e paciência na interpretação dos dados.

Ao Prof^o. Peter que me deu a oportunidade de trabalhar em lugares e com pessoas fantásticas.

Ao Prof^o. Zaine por não ter me deixado desistir de tudo.

Ao pessoal do RAIH/Lebac, em especial a Silvia, Lelia e Rachila pela compreensão nos meus dias mais loucos, pelo apoio e pela ajuda a impulsionar meu trabalho.

As minhas queridas amigas/irmãs Camilla, Christine, Julia, Bruna (e os bebês) e Marjorie, primeiramente pela paciência, pelo companheirismo, carinho e amor que vocês tem tido comigo, principalmente nesses dias mais conturbados.

Ao Beraba e ao Bola, por serem meus irmãos, pela parceria, por me darem abrigo e colo sempre, pelas inúmeras vezes em que vocês me ouviram quando eu mais precisei.

Ao Bruno por ser tão querido, por estar sempre disposto a me ajudar mesmo sem entender direito o que eu estou fazendo, pela paciência e amor que só me traz alegrias.

Sou muito grata pelo apoio de todos os meus amigos nesses longos anos de Rio Claro, amigos estes que tornaram minha permanência na universidade possível. Obrigada por serem minha família, meu porto seguro e meu grande apoio nesta etapa da minha vida. Não vou citar todos os nomes, mas creio que cada um saiba o quanto foram e são importantes na minha vida, amo vocês.

Agradeço por fim a FUNDUNESP e ao Prof^o. Chang pelo apoio financeiro.

RESUMO

Um dos parâmetros mais empregados em investigações de magnetismo ambiental é a susceptibilidade magnética (SM), que é a medida quantitativa da capacidade de magnetização de determinado material na presença de um campo magnético induzido. O presente estudo, teve por objetivo determinar a susceptibilidade magnética dos sedimentos coletados na plataforma continental próxima à Bacia de Santos, a sudeste da Ilha de São Sebastião (25°57.97'S e 45°07.81'W), com vistas a avaliar as características da fonte de terrígenos e as variações no padrão de fluxo do aporte sedimentar siliciclástico na área. Foram utilizadas análises granulométricas e dos conteúdos de matéria orgânica e de carbonato de cálcio para caracterização dos sedimentos, além de parâmetros de paleomagnetismo. O material analisado – testemunho NAP61-1 – foi coletado utilizando-se amostrador do tipo *piston corer*, sob 60 metros de lâmina d'água, recuperando 3,98 metros de testemunho. Com os ensaios foi possível observar uma ciclicidade na abundância relativa entre areia e silte, devido muito provavelmente a rápidas e cíclicas variações no ambiente deposicional (energia de correntes, calibre sedimentar). Em geral, os valores de SM são baixos e mostram que o aporte sedimentar de material terrígeno possui certa constância ao longo de todo o testemunho e provavelmente com as mesmas origens.

Palavras chave: Susceptibilidade Magnética, Magnetismo Ambiental, Bacia de Santos.

ABSTRACT

A parameter commonly used in investigations of environmental magnetism is the magnetic susceptibility (MS), which is the quantitative measure of the ability of magnetization of a specific material in the presence of an induced magnetic field. The present study aimed to determine the magnetic susceptibility of sediments collected on the continental shelf near the Santos Basin, southeast of the São Sebastião island (25°57.97'S 45°07.81'W), seeking to identify the possible source area of terrigenous sediments and the flow patterns of siliciclastic sediment yield in the area. It was used particle size analysis and contents of organic matter and calcium carbonate to characterize the sediments, besides paleomagnetism parameters. The analyzed material - core NAP61-1 - was collected using the piston corer sampler in 60 meters water depth, recovering 3.98 meters of sediment core. As from experiments, cyclicity was observed in relative abundance between sand and silt, most likely due to rapid and cyclical variations in the depositional environment. In general, the MS values are low, and show that the sand supply (terrigenous material) has a certain consistency, probably having the same origin. More absolute age is still necessary to establish clearly the events marked here.

Keywords: Magnetic Susceptibility, Environmental Magnetism, Santos Basin

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Magnetismo Ambiental	11
1.2	Magnetização e o Campo Magnético	12
1.3	Magnetismos dos sedimentos.....	14
2	OBJETIVOS E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	17
3	CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DA ÁREA DE ESTUDO	18
3.1	Bacia de Santos	18
3.2	Características Fisiográficas da Área	19
3.3	Aspectos Oceanográficos da Bacia de Santos	20
4	MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1	Técnica de Amostragem.....	23
4.2	Tratamento e Caracterização das Amostras	24
4.2.1	Equipamentos Utilizados.....	25
4.2.2	Susceptibilidade Magnética.....	25
4.2.3	Processo da análise granulométrica.....	26
5	RESULTADOS.....	28
6	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	32
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
	APÊNDICE I.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Minerais magnéticos transportados no oceano com outros sedimentos (modificado de PRESS F. et al. 2006)	11
Figura 2: a) Representação esquemática dos momentos magnéticos dentro de um material, cada momento magnético $\mathbf{m}$ é associado com um <i>loop</i> da corrente (b) em uma escala atômica. (modificado de LOWRIE, 2004).....	13
Figura 3: a) Pequeno <i>loop</i> gerando uma corrente elétrica; b) Esfera uniforme magnetizada.	14
Figura 4: Diferentes comportamentos magnéticos: a) diamagnético; b)paramagnético; c)ferromagnético (BUTLER, 2004).	15
Figura 5: Localização da área de estudo e do local de amostragem do testemunho	17
Figura 6: Coluna estratigráfica (Modificada de MOREIRA et al., 2007).....	19
Figura 7: Principais massas d'água atuantes na região da Bacia de Santos (modificado de DUARTE e VIANNA, 2007).	21
Figura 8: Esquema ilustrando coleta de testemunho utilizando amostrador do tipo <i>piston corer</i>	24
Figura 9: (A) testemunho aberto; (B) caixinha utilizada na amostragem; (C) total das 157 amostras	24
Figura 10: (A) KappaBridge MFK1-FA; (B) Malver2000	25
Figura11: A) Perfil litológico do testemunho NAP61-1; B) gráfico de Susceptibilidade magnética em três frequências (SM_1= 976 [Hz] / SM_2= 3904 [Hz] / SM_3= 15616 [Hz]); C) gráfico do percentual granulométrico (percentagens de argila, silte e areia); D) percentual de CaCO ₃ e matéria orgânica.	30
Figura 12: Gráfico do percentual de argila presente no testemunho.....	31
Figura 13: Detalhe da Figura 11, atentar para os resultados dos primeiros 30 cm onde pode-se interpretar como sedimentos palimpsestos.	33
Figura 14: Detalhe da Figura 11 profundidade entre 0 e 0,5m, destaque para SM2 (linha azul).....	34
Figura 15: Detalhe da Figura 11 (B), destaque para a quebra da constância da SM.....	35
Figura 16: Dados complementares de paleomagnetismo executados nos sedimentos do testemunho NAP61-1; A) inclinação e declinação; B) S-RATIO e HIRM; C) NRM; D) Granulometria magnética	36
Figura 17: Diagrama que mostra como as bactérias magnetotáticas usam os magnetossomos para se deslocar utilizando campo geomagnético da Terra (modificado de CHEN L. et al., 2012).	37
Figura 18: Intervalo entre 0,2 m e 2,5 m, referente aos dados de paleomagnetismo.	38

1 INTRODUÇÃO

Os minerais magnéticos presentes nas rochas da crosta terrestre adquirem uma magnetização paralela ao campo magnético existente na época de sua gênese, conhecida como magnetização primária. Este tipo de magnetização fornece informações sobre a direção e intensidade do campo magnético ao tempo da formação da rocha. É também possível que ocorram magnetizações depois da formação da rocha, por meio de processos químicos e físicos (magnetização secundária). Em rochas sedimentares, o registro da magnetização nos minerais magnéticos se dá antes do processo de diagênese, durante a deposição do sedimento. As partículas magnéticas do sedimento se alinham na direção do campo magnético, como ímãs que apontam na direção do campo que predominava na época de sua deposição (Figura 1). Esse processo é conhecido como magnetismo remanescente deposicional.

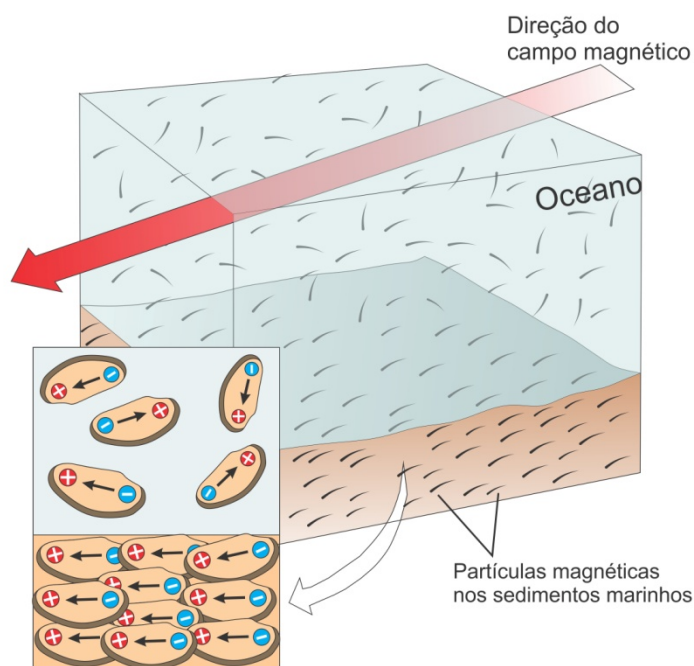


Figura 1- Minerais magnéticos transportados no oceano com outros sedimentos (modificado de PRESS F. et al. 2006)

1.1 Magnetismo Ambiental

Desde meados da década de 1980 as propriedades magnéticas das rochas têm encontrado novas aplicações importantes na pesquisa ambiental, onde eles podem servir como marcadores de poluição ou como indicadores de climas passados. A susceptibilidade magnética (SM), que é a medida quantitativa da capacidade de magnetização de determinado

material na presença de um campo magnético externo, é também um dos parâmetros mais empregados em investigações de magnetismo ambiental (LOWRIE, W. 2004).

As diferentes técnicas de investigação dos parâmetros magnéticos das rochas propiciam diferentes formas de caracterizar as partículas magnéticas e de descrever sua distribuição, concentração regional, transporte, deposição, e alterações pós-deposicionais sob uma vasta gama de processos ambientais. A fração de grãos magnéticos em um sedimento ou solo geralmente consiste de hematita, magnetita, ou algum sulfeto de ferro. A composição do mineral magnético pode ser modificada por condições climáticas no momento ou após a deposição. Estes fatores afetam as propriedades magnéticas do sedimento que dependem do tamanho do grão e da composição do mineral, tal como a susceptibilidade magnética, coercividade e as várias magnetizações remanescentes. Estes parâmetros magnéticos podem atuar como proxies para a mudança paleoclimática. Numerosos estudos têm sido dedicados para a compreensão dos processos envolvidos e sua aplicação (LIU et al., 2012; LOWRIE, W. 2004).

1.2 Magnetização e o Campo Magnético

A real compreensão do comportamento magnético requer uma análise através da mecânica quântica. O conceito simplificado da estrutura atômica introduzido por Ernest Rutherford em 1911 fornece um modelo compreensível para o comportamento magnético dos materiais. O movimento de um elétron em torno de um núcleo atômico é tratado como o movimento orbital de um planeta em torno do sol. A carga em órbita forma uma corrente elétrica ao qual está associado um momento magnético orbital. Um planeta gira sobre seu eixo, do mesmo modo como cada elétron possui um movimento de rotação em torno de um eixo. O movimento giratório da carga elétrica produz uma rotação do momento magnético. Cada momento magnético está diretamente relacionado com o correspondente momento angular. Na teoria quântica, cada tipo de momento angular de um elétron é quantificado. Assim, a rotação e os momentos magnéticos orbitais passam a ter valores discretos. A rotação do momento magnético é geralmente mais importante do que o momento orbital nos minerais constituintes das rochas (LOWRIE, 2004).

Uma representação simplificada dos momentos magnéticos no interior de um material é mostrada na Figura 2, onde o momento magnético $\mathbf{m}$ de cada átomo é associado com um *loop* da corrente conforme ilustrado na Figura 2b. A rede do momento magnético de um

volume V em um material depende sobre o grau de alinhamento do momento magnético atômico individual. É a soma vetorial de todos os momentos magnético atômicos do material. O momento magnético por unidade de volume do material é chamado de magnetização, denotado pela letra $\mathbf{M}$ (LOWRIE, 2004).

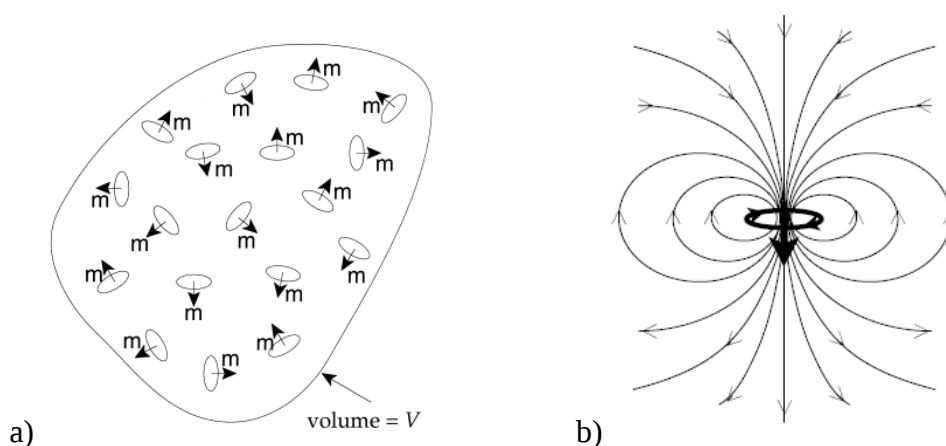


Figura 2: a) Representação esquemática dos momentos magnéticos dentro de um material, cada momento magnético $\mathbf{m}$ é associado com um *loop* da corrente (b) em uma escala atômica. (modificado de LOWRIE, 2004)

O campo magnético fundamental gerado pelas correntes, em qualquer meio, é denominado $\mathbf{B}$. O campo magnético $\mathbf{H}$ deve ser considerado como um parâmetro computacional proporcional a $\mathbf{B}$ em materiais não magnetizáveis. Dentro de materiais magnetizados, $\mathbf{H}$ descreve como $\mathbf{B}$ é modificado pela polarização magnética (ou magnetização, $\mathbf{M}$). O campo magnético $\mathbf{B}$ também é denominado indução magnética ou densidade do fluxo do magnético (BUTLER, 2004).

A diferença fundamental entre o campo $\mathbf{B}$ e o campo $\mathbf{H}$ pode ser entendida pela inspeção das configurações de suas respectivas linhas de campo. As linhas do campo $\mathbf{B}$ formam sempre uma volta fechada (Figura 3). As linhas do campo $\mathbf{H}$ são descontínuas em superfícies onde a magnetização $\mathbf{M}$ muda em força ou direção. Métodos magnéticos de exploração geofísica tiram proveito de efeitos de superfície que surgem onde a magnetização está interrompida (LOWRIE, 2004).

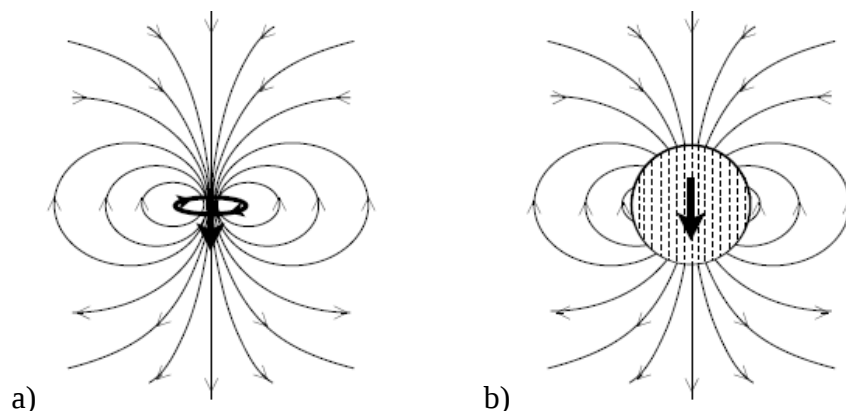


Figura 3: a) Pequeno *loop* gerando uma corrente elétrica; b) Esfera uniforme magnetizada. (modificado de LOWRIE, W. 2004)

Quando uma amostra é submetida a um campo magnético (**H**), a mesma adquire uma magnetização (**M**) que é proporcional e paralela à magnetização aplicada, porém nem todos os minerais adquirem magnetização paralela. No caso dos diamagnéticos como o quartzo e alguns carbonatos, esses minerais adquirem uma magnetização antiparalela, ao campo aplicado (STUQUE et al., 2013). Onde a magnetização é paralela, tem-se a constante de proporcionalidade **k** (*kappa*) positiva e onde a magnetização é antiparalela a constante de proporcionalidade é negativa (**-k**). O fator de proporcionalidade **k** é uma propriedade física do material, chamado de susceptibilidade magnética. É uma medida da facilidade com que o material pode ser magnetizado. Como **M** e **H** possuem as mesmas unidades (A/m) no sistema internacional (SI), **k** é uma quantidade adimensional. (LOWRIE, W. 2004; STUQUE et al., 2013).

$$k = M/H \quad (1)$$

A susceptibilidade magnética por unidade de massa é simbolizada por **X_m**, que é a razão entre a constante de proporcionalidade **k** e a densidade (**ρ**) do material:

$$X_m = k / \rho \quad (2)$$

onde a unidade é **X_m** dada em m³/kg (STUQUE et al., 2013).

1.3 Magnetismos dos sedimentos

O comportamento magnético de um sólido depende do momento magnético dos átomos ou íons que ele contém. A definição de cada comportamento é ilustrada na Figura 4 e definida segundo Butler, 2004.

- **Diamagnetismo:** ocorre em minerais magneticamente neutros que adquirem magnetização antiparalela ao campo magnético indutor. A magnetização depende linearmente do campo aplicado e se reduz a zero quando o campo é removido. Nessas substâncias as camadas eletrônicas estão completas e os momentos magnéticos compensados. A suscetibilidade magnética é negativa e da ordem de 10^{-6} (SI). Um exemplo de mineral diamagnético é o quartzo (SiO_2).
- **Paramagnetismo:** Ocorre em materiais que possuem momentos magnéticos inerentes, devido a momentos de spin e momentos orbitais descompensados (camadas atômicas incompletas). Os materiais paramagnéticos têm suscetibilidade positiva com ordem de grandeza entre 10^{-5} e 10^{-3} (SI). Um exemplo de mineral paramagnético é a ilmenita (FeTiO_3).
- **Ferromagnetismo:** substâncias que apresentam uma magnetização espontânea mesmo na ausência de um campo externo. Os momentos magnéticos devem-se a momentos de spin, mas não atuam independentemente. Os elétrons obedecem a certas regras da mecânica quântica que envolve forças eletrostáticas (forças de troca) e que tendem a alinhar os momentos dos elétrons adjacentes paralelamente. Na natureza existem três elementos que são ferromagnéticos: ferro, cobalto e níquel. O comportamento magnético de uma amostra ferromagnética pode ser caracterizado pela sua curva de histerese (Figura 4 c). Nota-se que quando o campo induzido H volta a zero, a amostra guarda uma magnetização residual chamada de magnetização remanescente. A partir dessa magnetização remanescente pode-se inferir a história magnética das rochas.

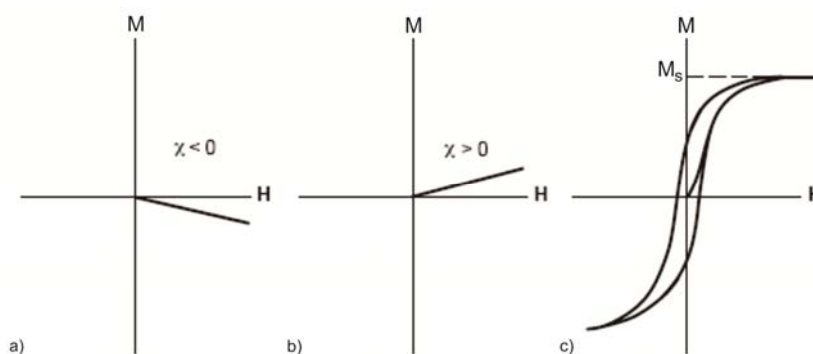


Figura 4: Diferentes comportamentos magnéticos: a) diamagnético; b) paramagnético; c) ferromagnético (BUTLER, 2004).

O magnetismo nos sedimentos inclui os minerais ferromagnéticos que adquirem magnetização remanescente (óxidos como a hematita e magnetita, sulfatos e sulfetos de ferro como a pirita, e outros) e também substâncias pouco magnéticas, como os minerais paramagnéticos encontrados em sedimentos marinhos (argilas ricas em ferro, particularmente: clorita, esmectita e ilita) (ELLWOOD et al., 2000). Há também a calcita e o quartzo, abundantes em sedimentos marinhos; estes minerais tipicamente tem susceptibilidade magnética negativa quando expostos a um campo magnético induzido. Portanto, fatores tais como alterações na produtividade biológica ou taxas de acúmulo de carbono orgânico podem causar variações nos valores da susceptibilidade magnética (ELLWOOD et al., 2000). Alguns trabalhos (AYRES e THEILEN, 1999; FALCÃO e AYRES, 2010; HAMILTON 1972; MACEDO et al., 1999; ROBB et al., 2005) mostram correlações entre os valores de susceptibilidade magnética, densidade, porosidade, granulometria, e teor de água, demonstrando as diferentes relações que podem ser obtidas por meio deles.

Mais comumente, a susceptibilidade magnética está relacionada à presença dos minerais paramagnéticos. Segundo Ellwood et al. (2006), as partículas ferromagnéticas costumam se associar a sedimentos finos (argilosos), provocando uma elevação da susceptibilidade magnética, enquanto a presença de quartzo e carbonatos geram baixos valores.

Como as taxas de carbonato de cálcio e de matéria orgânica interferem nos valores da susceptibilidade magnética, assim como o tamanho dos grãos, propõe-se neste trabalho uma avaliação do comportamento dos sedimentos quando aplicadas três diferentes frequências de operação na obtenção dos valores de susceptibilidade magnética, com o intuito de verificar sua aplicabilidade em futuros trabalhos com sedimentos marinhos.

Assim para o presente estudo, foram realizadas análises de susceptibilidade magnética, granulométrica, de teor de CaCO_3 e de matéria orgânica em amostras dos sedimentos do testemunho NAP61-1, coletado na plataforma continental junto à Bacia de Santos.

Foram utilizados, também, dados complementares de paleomagnetismo cedidos gentilmente pelo Prof. Dr. Luigi Jovane e pelo MS. Daniel Rodelli (Doutorando do IO – USP), visando dar maior sustentação aos dados aqui obtidos.

2 OBJETIVOS E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo teve por objetivo determinar a susceptibilidade magnética de sedimentos do testemunho NAP61-1, da plataforma continental brasileira próxima à Bacia de Santos, com vistas a caracterizar o padrão de fluxo e o aporte sedimentar na área.

Para se alcançar este objetivo, foram necessárias as seguintes ações:

- Determinar a susceptibilidade magnética em três diferentes frequências de operação (976 Hz, 3904Hz e 15616Hz);
- Averiguar sua relação com a granulometria e as taxas de carbonato de cálcio e matéria orgânica totais presentes nesses sedimentos;
- Avaliar as características da fonte de terrígenos;
- Verificar variações no padrão de fluxo do aporte sedimentar siliciclástico na área.

A área de estudo se insere no contexto geológico da Bacia de Santos (SP), na porção mais proximal da plataforma continental, a sudeste da Ilha de São Sebastião, e tem como limite externo aproximado a isóbata de 70 m.

O estudo realizado fez uso do testemunho NAP61-1 (Figura 5) coletado na área, de forma que os resultados se referem ao local da amostragem e seu entorno.



Figura 5: Localização da área de estudo e do local de amostragem do testemunho

3 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 Bacia de Santos

A Bacia de Santos foi identificada na década de 1960, durante estudos de refração sísmica desenvolvidos pelo *Lamont-Doherty Geological Observatory* (FERREIRA, 2011); é definida geologicamente como uma depressão localizada entre os paralelos 23° S e 28°S, ao longo da costa dos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina, ocupando uma área de aproximadamente $3,5 \times 10^4$ km². Ao Norte, limita-se como a Bacia de Campos por meio do Alto de Cabo Frio; ao sul, com a Bacia de Pelotas na plataforma de Florianópolis; a leste, na cota batimétrica de 3000 m; e a oeste, pela Serra do Mar, feição fisiográfica que confina a bacia ao domínio marinho (MOREIRA et al., 2007; NUNES et al., 2004; PEREIRA E FEIJÓ, 1994; ARAI, 1988). A transição da margem brasileira entre as regiões tropical, ao norte, e subtropical, ao sul, é marcada pelo Alto de Cabo Frio. Esta transição vem sendo apontada como consequência de diferenças nas condições oceanográficas e na dinâmica sedimentar, responsáveis pela deposição de carbonatos ao norte e de sedimentos de origem terrígena ao sul de Cabo Frio (ROCHA et al., 1975).

Os sedimentos marinhos estudados neste trabalho estão inseridos no contexto litoestratigráfico do Grupo Itamambuca (Figura 6), que engloba todas as unidades do Cenozoico da Bacia de Santos, mais precisamente na Formação Sepetiba, que engloba os sedimentos do Pleistoceno ao Recente, com predomínio de sedimentos lamosos e arenosos finos. Os sedimentos entre a plataforma interna e a externa apresentam características que variam de siliciclásticos a carbonáticos, respectivamente, enquanto o talude é caracterizado pela deposição de sedimentos hemipelágicos e turbiditos (MOREIRA et al., 2007, MAHIQUES et al., 2002).

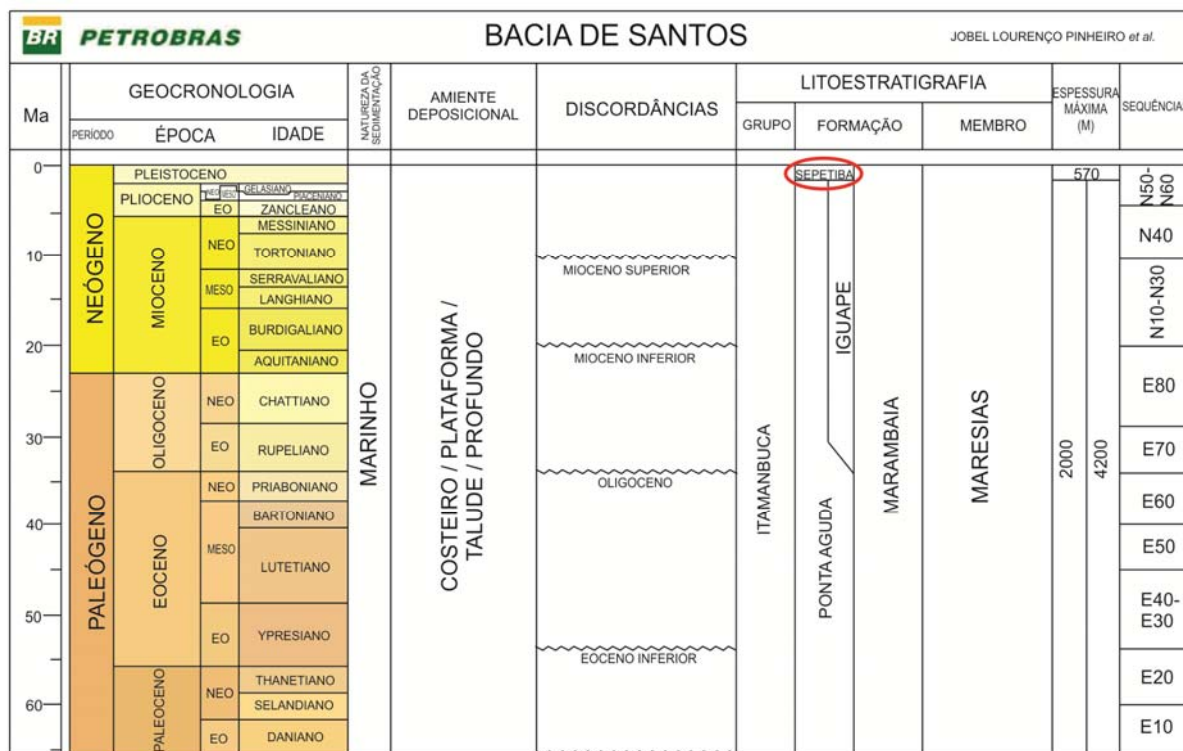


Figura 6: Coluna estratigráfica (Modificada de MOREIRA et al., 2007).

3.2 Características Fisiográficas da Área

O entendimento atual denota que a margem da Bacia de Santos é o resultado da combinação de estruturas adquiridas pela atuação de processos tectônicos (embasamento e deriva-rifte) e da tectônica de sal para a conformação da margem da bacia, além do retrabalhamento dos sedimentos por correntes de fundo e águas rasas e profundas da plataforma continental (DUARTE e VIANA, 2007).

A área de estudo encontra-se no contexto da plataforma continental do sudeste do Brasil, estendendo-se ao longo da margem continental leste do continente Sul-americano. Esta margem caracteriza-se por uma plataforma continental extensa e pela ocorrência de fluxos relativamente intensos, típicos das correntes de contorno oeste (STOMMEL, 1948). Essas correntes são caracterizadas pelo transporte meridional intensificado de momento, calor e outras propriedades físicas e químicas atuantes no ambiente marinho (MATANO, 1993).

A plataforma continental sudeste (PCSE) comporta os maiores portos do país, as principais bacias petrolíferas e um grande fluxo hidroviário. A orientação geral da linha de costa é NE-SW, a porção mais larga, com 230 km, está localizada em frente a Santos, e a mais estreita nas proximidades de Cabo Frio, com 50 km. A topografia é suave e as isóbatas se dispõem subparalelamente à linha de costa. A profundidade de quebra da plataforma

continental varia entre 120 m e 180 m, sendo esta não muito notória. O talude geralmente é suave e possui perfil levemente côncavo, característico das margens deposicionais (ZEMBRUSKI, 1979).

A PCSE possui aproximadamente 1000 km de comprimento, considerando desde Cabo Frio (RJ) até Cabo da Santa Marta (SC); a área total é de cerca de 150.000 km²; se considerada uma profundidade média de 70 m, pode-se estimar o volume total da PCSE em cerca de 10.000 km³ (ASSIREU, 2003). Toda a plataforma é regularmente cortada por canais relativamente estreitos, rasos e aproximadamente perpendiculares ao declive geral (ZEMBRUSCKI, 1979).

3.3 Aspectos Oceanográficos da Bacia de Santos

A região da quebra da plataforma e talude continental, por ser a região de encontro entre o oceano profundo e mares costeiros, possui uma dinâmica bem característica e diferenciada das regiões adjacentes, principalmente devido à estratificação da água, à intensa variação batimétrica e a cisalhamentos laterais (ASSIREU, 2003).

Segundo Silveira et al. (2000), podem ser reconhecidas cinco massas de água com distintas assinaturas de temperatura-salinidade na Bacia de Santos, sendo elas: Água Tropical (AT); Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Intermediária Antártica (AIA); Água Profunda do Atlântico Norte (APAN); Água Antártica de Fundo (AAF).

Toledo (2000) e Souza (2000) descrevem que as massas d'água superficiais atuantes na área são intensamente influenciadas pelo padrão de circulação atmosférico, sendo direcionadas em sentido sul por influência da Corrente do Brasil (CB). Essa corrente se origina da bifurcação da Corrente Sul Equatorial (CSE), que ocorre a aproximadamente 10° S, a partir de onde cerca de 25% da CB flui para sul, ao longo de toda a margem continental brasileira. Próximo de 35° S, a CB encontra a Corrente das Malvinas, que flui em sentido norte, e forma a Zona de Convergência Subtropical.

A plataforma externa e média e o talude superior são influenciados pelo fluxo de meandros da CB que ocorrem ao longo da margem continental do Atlântico Sul (MAHIQUES et al., 2002). A dinâmica da plataforma interna e média é controlada por massas d'água (ACAS, Águas Costeiras Tropicais) que apresentam forte variação sazonal (Figura 7). Esta variação promove uma forte estratificação em duas camadas e, entre novembro e março (verão), a formação de forte termoclina, em decorrência da penetração da ACAS que se move do fundo em direção ao litoral, deslocando as Águas Costeiras (AC) em direção ao oceano e

mantendo as Águas Tropicais relativamente distantes da costa. Esse período corresponde ao período chuvoso no sudeste do Brasil, resultando no aumento do fluxo de material terrígeno em direção as Águas Costeiras. O deslocamento de AC é o fator mais importante para o transporte de matéria orgânica de origem terrígena para as áreas mais profundas da plataforma. Durante o inverno (entre março a novembro), o recuo da ACAS leva ao aumento de influência da AT na dinâmica da plataforma (MAHIQUES et al., 2004).

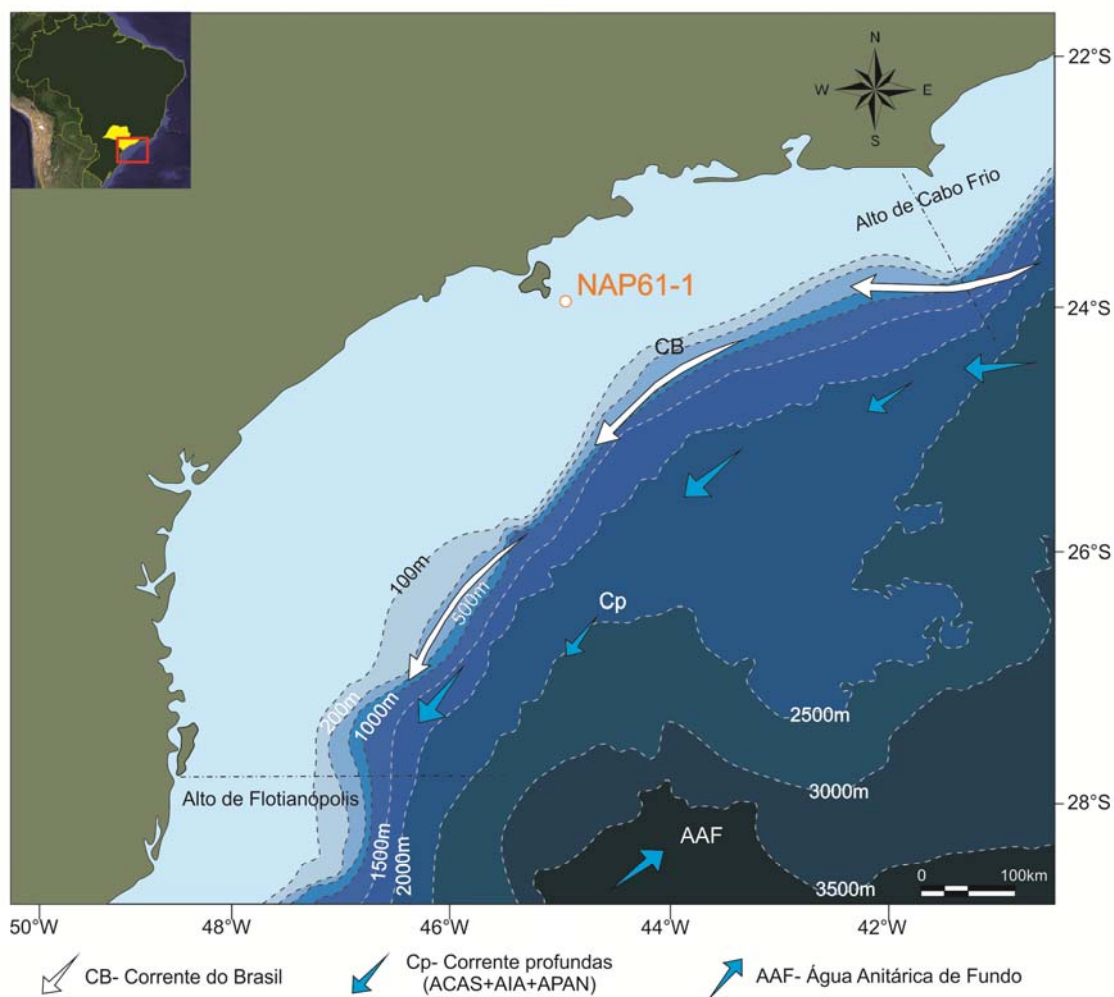


Figura 7: Principais massas d'água atuantes na região da Bacia de Santos (modificado de DUARTE e VIANNA, 2007).

A ressurgência ACAS, na Bacia de Santos, aumenta a produtividade biológica local e, em consequência, a quantidade de matéria orgânica que é depositada (GAETA et al., 1994). Segundo Mahiques et al. (2004), atualmente no norte da Bacia de Santos, áreas com baixa taxa de sedimentação estão associadas ao fluxo principal da CB, o que impediria a decantação das partículas sedimentares. Os mais elevados valores de carbono orgânico são observados em

zonas com maior taxa de sedimentação, indicando que os processos pelágicos associados às águas frias vindas do sul, em sentido norte, assim como os processos de ressurgência controlam a sedimentação na área. Durante o Quaternário, a sedimentação foi controlada pelos eventos transgressivos/regressivos relacionados às mudanças do nível do mar, em especial à exposição da plataforma durante o último ciclo glacial. Já a sedimentação da Bacia de Santos do Neógeno ao Recente vem sendo dominada pela circulação oceânica que redistribui os sedimentos transferidos para a bacia, tanto durante os períodos de nível do mar baixo e alto, o que pode indicar a intensidade e o sentido das correntes de fundo que atuam na bacia durante diferentes condições climático-oceanográficas (DUARTE e VIANNA, 2007).

A ilha de São Sebastião marca a transição entre duas zonas de sedimentação (Figura 7), distintas tanto nas frações orgânicas quanto inorgânicas dos sedimentos. Ao sul da ilha, a deposição está associada à penetração sazonal de uma pluma que flui sobre a plataforma, como águas de baixa salinidade e temperatura, que recentemente foram relacionadas ao Rio La Plata. A interação desta pluma com meandros da CB e a morfologia da plataforma favorece a criação de zonas de alta produtividade na região. Ao Norte da Ilha de São Sebastião, a relativa heterogeneidade de sedimentos indica uma hidrodinâmica mais complexa, especialmente na plataforma interna e média. Na plataforma interna, a distribuição da fração orgânica está ligada à ressurgência costeira da região de Cabo Frio. Já na plataforma média e externa, a distribuição de sedimentos está ligada à atuação de um vigoroso meandro da CB na área (MAHIQUES et al., 2004).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O testemunho NAP61-1, analisado neste trabalho, foi coletado na 2ª pernada realizada pelo navio do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (USP), ALPHA-CRUCIS, entre os dias 24 e 28 de fevereiro de 2013, em Ubatuba-SP. O testemunho foi coletado no dia 25 de fevereiro de 2013, estando a estação da coleta localizada em 25°57.97'S de latitude e 45°07.81'W de longitude e a uma profundidade de 60 m (Figura 5).

Além dos dados resultantes da descrição e das análises realizadas em amostras do testemunho NAP61-1, foram também utilizados dados gentilmente fornecidos pelo Prof. Dr. Luigi Jovane, professor do Instituto Oceanográfico da USP e coorientador deste estudo, e pelo Geólogo, MS. Daniel Rodelli, doutorando do mesmo instituto.

Estes dados complementares se referem a dados de HIRM (Hard Isothermal Remanent Magnetization) e S-RATIO, que são métodos amplamente utilizados em magnetismo ambiental para quantificar as concentrações absolutas e relativas, respectivamente, de magnetita e hematita, NRM (Natural Remanent Magnetization), tamanho do grão magnético e inclinação e declinação do momento magnético dos grãos, todos obtidos por meio de análises nas mesmas amostras de sedimento do presente trabalho.

4.1 Técnica de Amostragem

- ***Piston corer***

Na coleta do testemunho foi utilizado o amostrador do tipo *piston corer* ou testemunhador a pistão. Este tipo de ferramenta é utilizado para a retirada de testemunho em áreas onde o substrato não oferece muita resistência, como por exemplo, em bancos lamosos, quando se deseja uma amostra com baixo grau de deformação, e um longo comprimento. Ele penetra no substrato com ajuda de um lastro, que o empurra dentro do sedimento (Figura 8). O *piston corer* utilizado para a coleta do testemunho NAP61-1 foi lançado na profundidade de 60 m, com recuperação de 398 centímetros de sedimento.

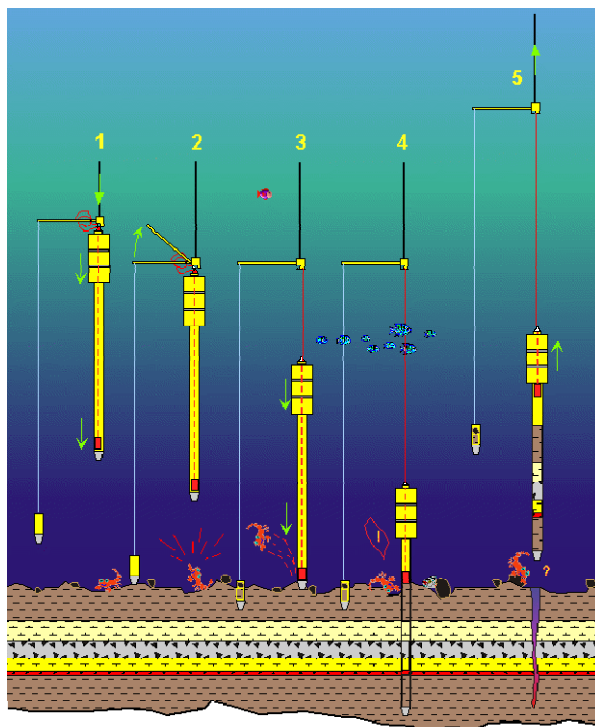


Figura 8: Esquema ilustrando coleta de testemunho utilizando amostrador do tipo *piston corer*
(Fonte: Museu Nacional de História Natural - Paris, França)

4.2 Tratamento e Caracterização das Amostras

O testemunho (Figura 9 A) coletado foi posteriormente subdividido em amostras com intervalos de resolução média de 2,5 cm, perfazendo o total de 157 amostras (Figura 9 C), entre as profundidades 0 m e 3,98 m. Para isso foram utilizadas caixinhas circulares de acrílico (Figura 9 B) que possuem uma seta para referenciar a direção do topo e um furo na base; depois de inserida no testemunho, e tendo o furo obstruído com o auxílio de uma fita adesiva, a caixinha acondiciona o sedimento comprimido a vácuo. Depois de tampadas, foram armazenadas em um refrigerador.

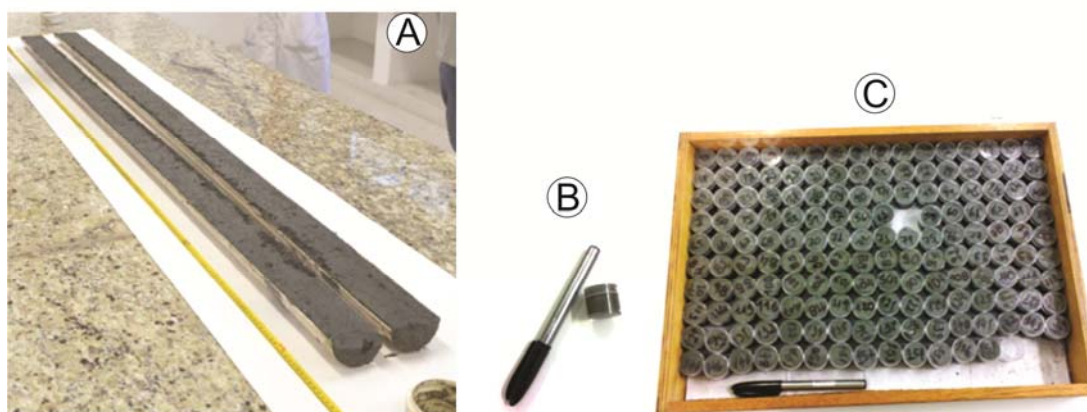


Figura 9: (A) testemunho aberto; (B) caixinha utilizada na amostragem; (C) total das 157 amostras.

4.2.1 Equipamentos Utilizados

Na caracterização da susceptibilidade magnética das amostras foi utilizado o equipamento KappaBridge MFK1-FA (Figura 10 A), e para a análise granulométrica foi utilizado Malver2000 (Figura 10 B).



Figura 10: (A) KappaBridge MFK1-FA; (B) Malver2000

4.2.2 Susceptibilidade Magnética

Os dados de susceptibilidade magnética foram obtidos em três frequências operacionais diferentes – a 976 Hz, 3904 Hz e 15616 Hz – com um campo magnético constante de 200 A/m (DEARING et al., 1996). As medidas foram realizadas no Laboratório de Paleomagnetismo do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP.

O instrumento (KappaBridge) possui duas bobinas uma ao lado da outra, que submetidas a uma corrente elétrica alternada com frequência aproximada de 200Hz, durante a medição. O campo elétrico inicial alternado gera então um campo magnético (lei de Maxwell 1861) muito pequeno, que vai interferir com o campo magnético já existente na amostra. Em seguida, a soma dos campos magnéticos (da amostra mais o induzido) gera um segundo campo elétrico, que irá interferir com o primeiro campo elétrico, onde a diferença entre o campo elétrico original (que "está" na segunda bobina) e o novo campo elétrico (na bobina com a amostra) é proporcional à susceptibilidade do material que está sendo medido.

Foram utilizadas três frequências na obtenção dos dados afim de comparar as variações obtidas em cada uma delas. Desta maneira é possível observar a resposta de cada frequência com cada variável obtida. O uso de frequências distintas ajuda também a identificar uma gama maior de partículas magnéticas, pois a frequência atua de diferente

maneira de acordo com o tamanho do mineral (frequência menor age melhor em um mineral de maior dimensão).

4.2.3 Processo da análise granulométrica

Para a determinação da granulometria foi utilizado o Malvern2000, que caracteriza o tamanho das partículas por difração a laser, possibilitando obter toda a gama de variação granulométrica presente no testemunho.

Antes que qualquer medida granulométrica fosse executada, foi necessária a retirada de toda a matéria orgânica (MO) e carbonato de cálcio (CaCO_3), para obter os valores e de MO e CaCO_3 totais presentes nas amostras. Além disso, a retirada destes compostos é necessária, pois geram interferência nas medidas obtidas pelo Malvern2000. Todos os ensaios referentes às análises granulométricas foram feitos no Laboratório de Sedimentologia do Instituto Oceanográfico da USP.

- **Queima da matéria orgânica**

Inicialmente as amostras foram congeladas e posteriormente liofilizadas (processo de desidratação). Das amostras já liofilizadas, foram pesados 2 gramas de sedimento em balança analítica de precisão e colocados em béqueres (que também foram pesados) identificados com o nome da amostra, para a posterior execução dos ensaios granulométricos. O restante de cada amostra de sedimento foi guardado em pequenos sacos plásticos com identificação de cada amostra.

Para a retirada da matéria orgânica, as amostras foram atacadas com uma solução diluída a 10% de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), os béqueres foram colocados sobre uma placa aquecida à temperatura média de 80°C , aumentando assim a eficácia do processo. Quando a reação é cessada, ou seja, já não se observa mais a solução espumando, pipeta-se a solução e adiciona-se água destilada nas amostras, a fim de se eliminar todo o H_2O_2 do sedimento. Em seguida é retirado o excesso de água destilada com o uso da pipeta, e então os béqueres são levados à estufa para secar a 60°C .

Depois de secas, as amostras foram pesadas novamente, sendo que o teor de MO total foi calculado da seguinte maneira:

$$\text{Teor de MO} = \text{Peso do sedimento inicial com MO} - \text{Peso após a queima da MO}$$

- **Queima do carbonato de cálcio**

A quantificação do carbonato de cálcio total é um processo importante para a avaliação do intervalo em que a cobertura sedimentar é siliciclástica ou carbonática.

Com o sedimento já sem a presença de matéria orgânica, é feita a queima do CaCO_3 . O procedimento consiste na adição de uma solução diluída a 10 % de ácido clorídrico (HCl). A reação que ocorre e os produtos gerados podem ser demonstrados por meio da equação:



As amostras são atacadas com a solução de HCl até que se observe que o sedimento não mais reage com o líquido. A solução gera um ambiente de pH ácido em que o carbonato de cálcio é dissolvido, de forma a se destruir todo o CaCO_3 no sedimento. As amostras são pipetadas e lavadas com água destilada e depois secadas a 60°C em estufa. Depois de secas, as amostras foram pesadas novamente, sendo que o teor de CaCO_3 total foi calculado da seguinte maneira:

$$\text{Teor de CaCO}_3 = \text{Peso do sedimento sem MO} - \text{Peso após a queima do CaCO}_3$$

- **Difração a laser (Malvern2000)**

Este método de análise granulométrica baseia-se na difração de luz quando esta, através de um feixe (Laser), incide nas partículas do sedimento. A direção do feixe de laser gera uma figura de interferência (bandas mais claras e mais escuras, que são formadas pela interferência das ondas de luz) o tamanho da partícula é calculado medindo a distância entre as duas bandas. O sinal gerado é captado por detectores e enviado para um *software*, transformando e calculando os valores dos resultados em % por volume. As partículas do sedimento são distribuídas nas frações granulométricas definidas dentro dos parâmetros tradicionais de onze peneiras.

Com os sedimento das amostras já totalmente livres de matéria orgânica e CaCO_3 , obtém-se uma amostra completamente desagregada. Neste método é utilizada uma quantidade muito reduzida de material, não chegando a ultrapassar 1 grama de sedimento.

Os dados obtidos nas análises feitas pelo Malvern são traduzidos em valores numéricos por um *software* próprio do equipamento; estes dados numéricos são digitados em plataforma DOS e repassados para o *software* LABSE. Nesse programa, os valores são apresentados dentro dos padrões estatísticos de Folk e Ward (1957) e classificados segundo Shepard (1954).

5 RESULTADOS

A partir da observação e análise do testemunho NAP61-1 verifica-se que é composto por areia siltica, com presença de biodetritos dispersos ao longo de todo seu comprimento, e com algumas lentes de material silto-arenosa a areia fina em sua porção inferior (Figura 11).

A Figura 11 foi gerada a partir dos valores obtidos nas análises de susceptibilidade magnética, análise granulométrica, percentual de CaCO_3 e percentual de matéria orgânica em todo o testemunho. Este quadro visa tornar mais clara a observação e correlação dos dados. Os dados numéricos de cada análise constam no Apêndice I deste trabalho.

O gráfico da suscetibilidade magnética não possui grandes variações, porém é nítido um aumento da SM próximo aos 2 m de profundidade nos sedimentos. Alguns picos isolados também podem ser observados no decorrer do gráfico. Estes picos, como será detalhado nas discussões a seguir, podem então representar *outliers* gerados por alguma interferência no momento da obtenção dos dados, já que o aparelho apresenta grande sensibilidade à presença de metais em suas proximidades no momento das medições, bem como pode representar porções isoladas com maior presença de minerais paramagnéticos.

O gráfico da análise granulométrica mostra claramente ritmos na deposição das frações silte e argila, que alternam o predomínio de uma e outra fração. Embora a fração argila mantenha-se menor que 5% em todo o testemunho, verifica-se também certa ritmicidade em sua deposição (Figura 12).

Os gráficos dos percentuais de matéria orgânica e carbonato de cálcio apresentam períodos de contrafase entre si, variando mais nos primeiros trinta centímetros e depois próximo à profundidade de 2 metros.

Também foram aplicados testes estatísticos com os dados das amostras, utilizando o *software* R (R - Development Core Team, 2008). O R é um ambiente de programação, onde pode-se gerar diferentes tipos de modelos matemáticos. No caso do presente trabalho foi utilizado o Modelo Linear Generalizado (GLM), que é usual quando a variância não é constante, e/ou quando os erros não são normalmente distribuídos. Em GLM, considerou-se que cada resultado da variável dependente Y seria gerado a partir de uma variedade de diferentes tipos de distribuições que lidam com esse problema. Foram gerados diversos modelos, sendo um nulo (onde nenhuma variável gera influência na resposta da SM) e outros

(considerando sempre como resposta o valor de SM), tendo como fatores variáveis os valores de granulometria, MO e CaCO_3 , de tal forma que:

$$\text{SM1} = \alpha \cdot \text{granulometria} + \beta \cdot \text{MO} + \gamma \cdot \text{CaCO}_3.$$

Foram gerados também modelos independentes, com vistas a obter o valor da relação de apenas uma variável em relação à resposta de SM, tendo como variáveis: uma nula, MO, CaCO_3 e granulometria. Isso foi aplicado às três frequências de SM, de maneira que foram gerados vinte e quatro modelos. Com isso, pretendia-se obter o valor da correlação entre cada variável e sua influência nos valores da SM.

Os modelos foram comparados utilizando-se o *Akaike Information Criterion* (AIC). O critério de Akaike é uma ferramenta para seleção de modelos, pois oferece uma medida relativa do *goodness-of-fit* (qualidade do ajuste) de um modelo estatístico. AIC não fornece um teste de um modelo no sentido usual de testar uma hipótese nula, ou seja, ele não pode dizer nada sobre o quão bem o modelo ajusta os dados em um sentido absoluto.

Dado um conjunto de modelos candidatos, o modelo preferido é aquele com o valor mínimo de AIC. O valor de AIC não só conspensa *goodness-of-fit*, mas inclui também uma penalização que é uma função crescente do número de parâmetros estimados. Esta penalidade desencoraja *overfitting* (aumentando o número de parâmetros livres no modelo melhora a qualidade do ajuste, independentemente do número de parâmetros livres no processo de geração de dados).

Como as amostras utilizadas possuem valor finito, usou-se o AIC_C , que é AIC com uma correção para amostras finitas, de forma que AIC_C é AIC com uma maior penalização para os parâmetros extra.

Depois de aplicado o AIC_C , verificou-se que o melhor modelo aplicado à resposta da SM foi o de modelo nulo, que se adequou a mais de 50% dos resultados. Desta maneira, não foi possível constatar uma correlação numérica estatística entre as variáveis e as diferentes respostas (SM nas três frequências).

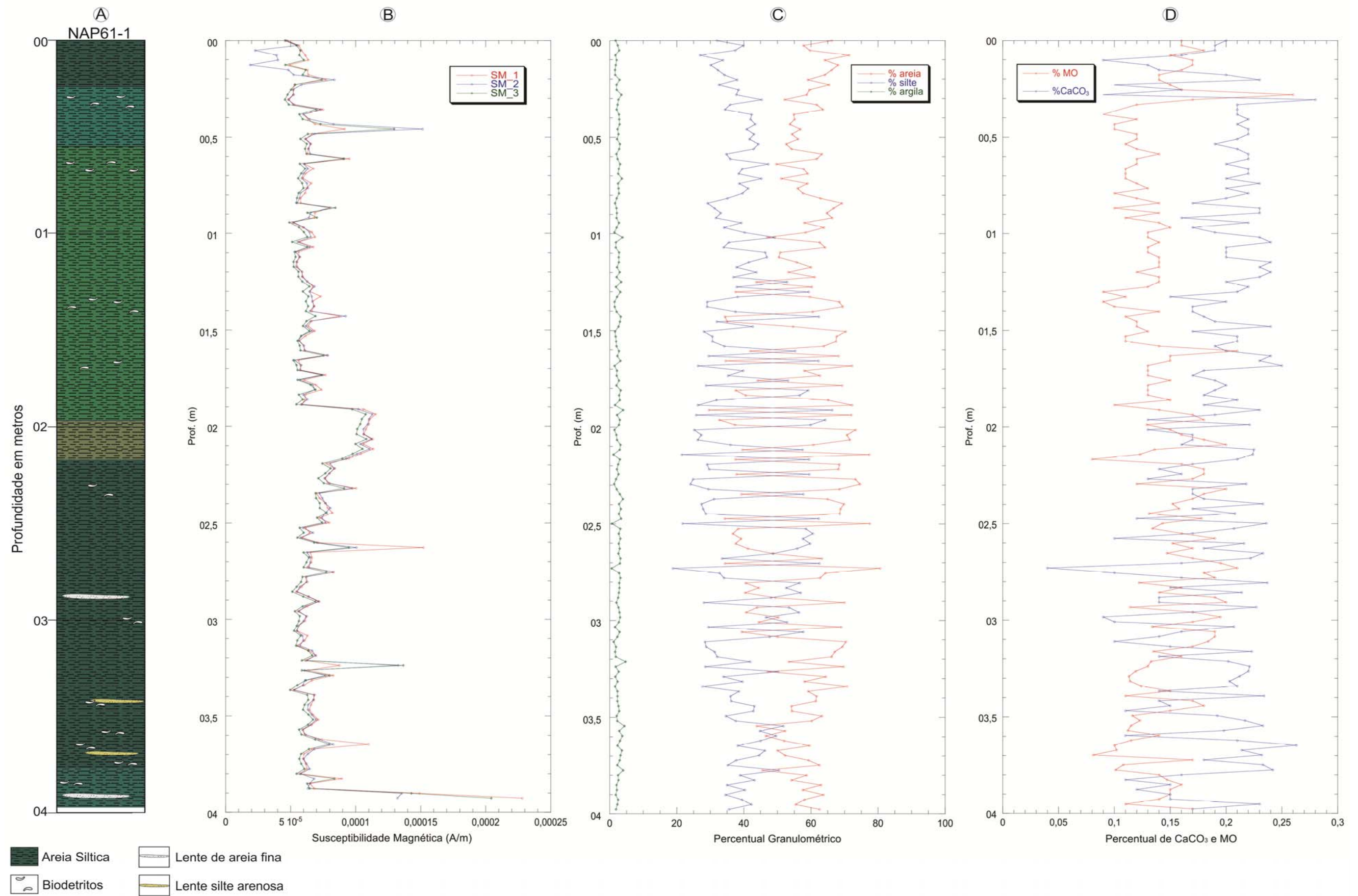


Figura11: A) Perfil litológico do testemunho NAP61-1; B) gráfico de Susceptibilidade magnética em três frequências (SM_1= 976 [Hz] / SM_2= 3904 [Hz] / SM_3= 15616 [Hz]); C) gráfico do percentual granulométrico (percentagens de argila, silte e areia); D) percentual de CaCO_3 e matéria orgânica.

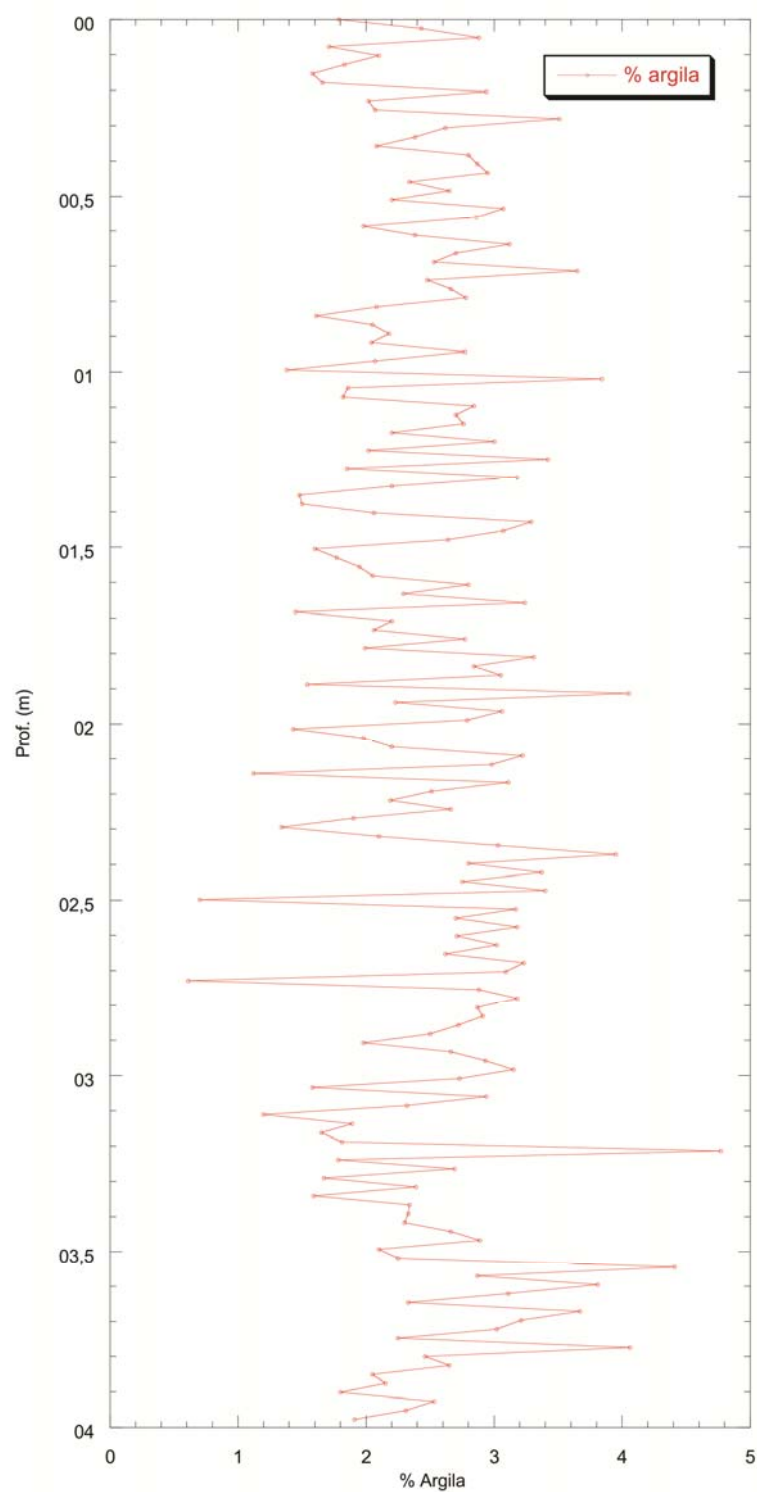


Figura 12: Gráfico do percentual de argila presente no testemunho

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos permitem uma análise das diferentes variações observadas para os diferentes ensaios realizados (Figura 11).

As análises de CaCO_3 revelaram, de maneira geral, conteúdos menores do carbonato para o intervalo aproximadamente entre 0,3 m e 2,0 m de profundidade (média em torno de 0,2%), e conteúdos menores entre 2,0 m e 4,0 m (média em torno de 0,17%). Esses resultados mostram comportamento distinto do esperado com relação à SM. Desta maneira, os valores de CaCO_3 obtidos não atuaram de maneira a gerar baixos valores de susceptibilidade magnética. Isso se deu, provavelmente, devido a impurezas no carbonato de cálcio, que pode conter alguma fração de ferro ou de algum outro elemento paramagnético, deixando assim o carbonato menos diamagnético. Pode ser observada situação de acordo com a originalmente esperada no intervalo aproximado de 0,3 m a 2,0 m de profundidade, em que porcentagens mais altas de carbonato coincidem com valores mais baixos de SM (em média de aproximadamente 7×10^{-5} A/m). Por sua vez, entre aproximadamente 2,0 m e 2,2 m verifica-se o inverso, isto é, rápido aumento da SM (para aproximadamente 1×10^{-4} A/m) e decréscimo no conteúdo de carbonato. Abaixo de 2,0 m de profundidade, o conteúdo em CaCO_3 varia com maior frequência e amplitude, com conteúdo em média menor, enquanto a SM cresce novamente e praticamente se estabiliza em torno de 6×10^{-5} A/m (Figura 11).

A matéria orgânica, quando presente em grande quantidade em sedimentos, resulta em zonas redutoras. Siqueira et al. (2001) confirmam uma correlação positiva entre o conteúdo em metais Pb, Zn e Fe e a MO dos sedimentos, evidenciando que os picos dos teores dos metais são coincidentes com os de maior conteúdo de MO. No presente trabalho, os conteúdos de matéria orgânica possuem maior oscilação entre aproximadamente entre 2 m e 3,2 m de profundidade (variando entre cerca de 0,07% e 0,21%, com média em torno de 0,17%); acima, entre aproximadamente 0,3 m e 2 m de profundidade, e abaixo, entre 3,2 m e 4 m, o conteúdo em MO é mais homogêneo e em média menor (em torno de 0,13%). Isso indica que entre às profundidades de 2 m e 3,2 m o ambiente era mais anóxico.

Segundo Gaeta (2004), a ressurgência da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) na Bacia de Santos aumenta a produtividade biológica local e, consequentemente, a quantidade de matéria orgânica depositada, o que pode explicar a situação encontrada no testemunho estudado.

As análises granulométricas mostram ciclicidade na abundância relativa do conteúdo de areia e silte nos sedimentos estudados. Em todo o gráfico verifica-se que as curvas das frações areia e silte são praticamente espelhadas (Figura 11), enquanto o conteúdo da fração argila tem variação pequena, sempre menor que 5% (Figura 12).

As variações granulométricas registradas no testemunho refletem variações cíclicas no ambiente deposicional, como variações no calibre da carga sedimentar em função da energia do meio deposicional, em geral ligada a estações do ano em que há significativo aumento ou diminuição de suprimento que chega à costa, o que está diretamente relacionado ao calibre do sedimento transportado/fornecido. Dentre outras causas, podem também estar relacionadas a variações de correntes marinhas costeiras, de maior ou menor energia, que retrabalham os sedimentos depositados e podem trazer grande contribuição de sedimentos externos ao meio plataformal (como sedimentos praias retrabalhados).

Segundo Duarte e Vianna (2007), durante o Quaternário a sedimentação foi controlada pelos eventos transgressivos/regressivos relacionados às mudanças do nível do mar. A sedimentação da Bacia de Santos do Neógeno ao Recente vem sendo dominada pela circulação oceânica que redistribui os sedimentos transferidos para a bacia. Mais ao sul da Ilha de São Sebastião, a deposição está associada à penetração sazonal de uma pluma que flui sobre a plataforma continental, como águas de baixa salinidade e temperatura (ressurgência acima mencionada). A interação dessa pluma com os meandros da Corrente do Brasil e a morfologia da plataforma favorece a criação de zonas de alta produtividade (MAHIQUES et. al., 2004), o que explica a elevada porcentagem de MO no testemunho estudado e a interação de correntes distintas no retrabalhamento e deposição dos sedimentos.

A ritmicidade dos sedimentos testemunhados nos primeiros 30 centímetros podem, em grande parte, ser interpretados como devidos a sedimentos palimpsestos (Figura 13). Em relação às características dos sedimentos superficiais que recobrem a zona submarina, Dias (2004) apresenta uma boa revisão conceitual sobre as diferenças entre sedimentos modernos, reliquiares e palimpsestos.

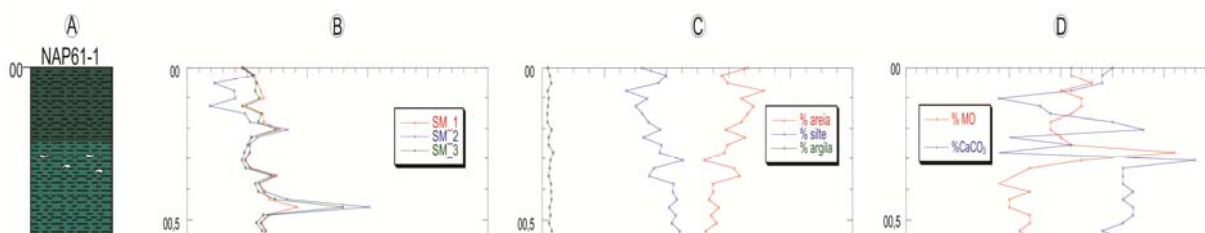


Figura 13: Detalhe da Figura 11, atentar para os resultados dos primeiros 30 cm onde pode-se interpretar como sedimentos palimpsestos.

Segundo a sistematização de McManus (1975 apud DIAS, 2004), os depositários são a parte superficial sedimentologicamente ativa da plataforma, onde os sedimentos neotéricos (modernos) estariam então equilibrados com as condições energéticas hidrodinâmicas atuais e com o fornecimento e a distribuição atual deste material particulado. Já os sedimentos reliquiais seriam aqueles depósitos ajustados a uma condição antiga do nível do mar, que não foram ajustados com as condições atuais e que não recebem nenhuma contribuição da sedimentação atual moderna. Por fim, os sedimentos palimpsestos seriam aqueles sedimentos reliquiais da plataforma, retrabalhados por processos energéticos atuais, apresentando partículas de sedimentos modernos.

Assim, a ocorrência de determinado padrão sedimentar na zona submarina está diretamente relacionada aos aspectos evolutivos, em escala geológica, em relação às flutuações do nível do mar, conjugado com ação de ondas e correntes que transportam sedimentos junto ao fundo, elementos fundamentais na dinâmica da zona submarina (DIAS, 2004). Esses condicionantes, associados a descargas fluviais nas proximidades da área estudada, representam elementos importantes na sedimentação marinho-costeira.

Quando se analisa o gráfico da susceptibilidade magnética observa-se que as três frequências estão sempre muito próximas, a não ser pelos primeiros 15 cm, onde a 2ª frequência se separa de maneira expressiva das demais; a SM2 mais baixa pode estar relacionada a uma quantidade de minerais diamagnéticos de dimensão tal que refletiram mais nesta frequência (Figura 14).

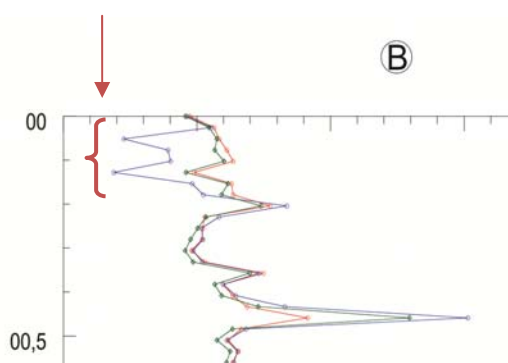


Figura 14: Detalhe da Figura 11 profundidade entre 0 e 0,5m, destaque para SM2 (linha azul).

De maneira geral, os valores de SM são baixos e mostram que o aporte sedimentar de material terrígeno possui certa constância ao longo de todo o testemunho (repetição dos ritmos areia e silte), e provavelmente com as mesmas origens. A quebra da constância do

gráfico de susceptibilidade magnética ocorre próximo aos 2 m de profundidade do testemunho, evidenciando a presença de minerais paramagnéticos (Figura 15).

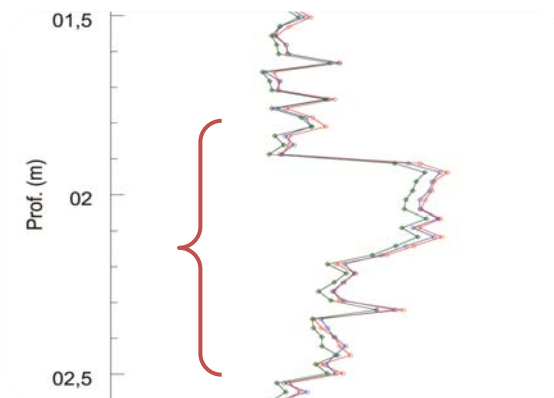


Figura 15: Detalhe da Figura 11 (B), destaque para a quebra da constância da SM.

A comparação dos dados de SM com dados de HIRM (Hard Isothermal Remanent Magnetization) e S-RATIO, utilizados para quantificar as concentrações absolutas e relativas, respectivamente, de magnetita e hematita, NRM (Magnetização Natural Remanescente), tamanho do grão magnético e inclinação e declinação do momento magnético dos grãos, podem ser observadas na Figura 16.

Essas informações permitem verificar que as curvas de SM em torno dos 2 m têm comportamento semelhante para NRM, S-RATIO e HIRM, indicando uma maior abundância de magnetita nesta porção do testemunho (Figura 18). O gráfico de variação do tamanho do grão magnético mostra que quanto maior o valor no eixo x, mais fina é a granulometria deste mineral.

A magnetita presente nos sedimentos do testemunho NAP61-1 pode ter sido formada por minúsculos cristais designados como magnetossomos, possuindo dimensão menor do que $0,1\ \mu\text{m}$ e, portanto, possuindo um único tipo de domínio, que ocorre como cadeias de partículas (magnetossomos) fechadas por uma membrana celular (Figura 17).

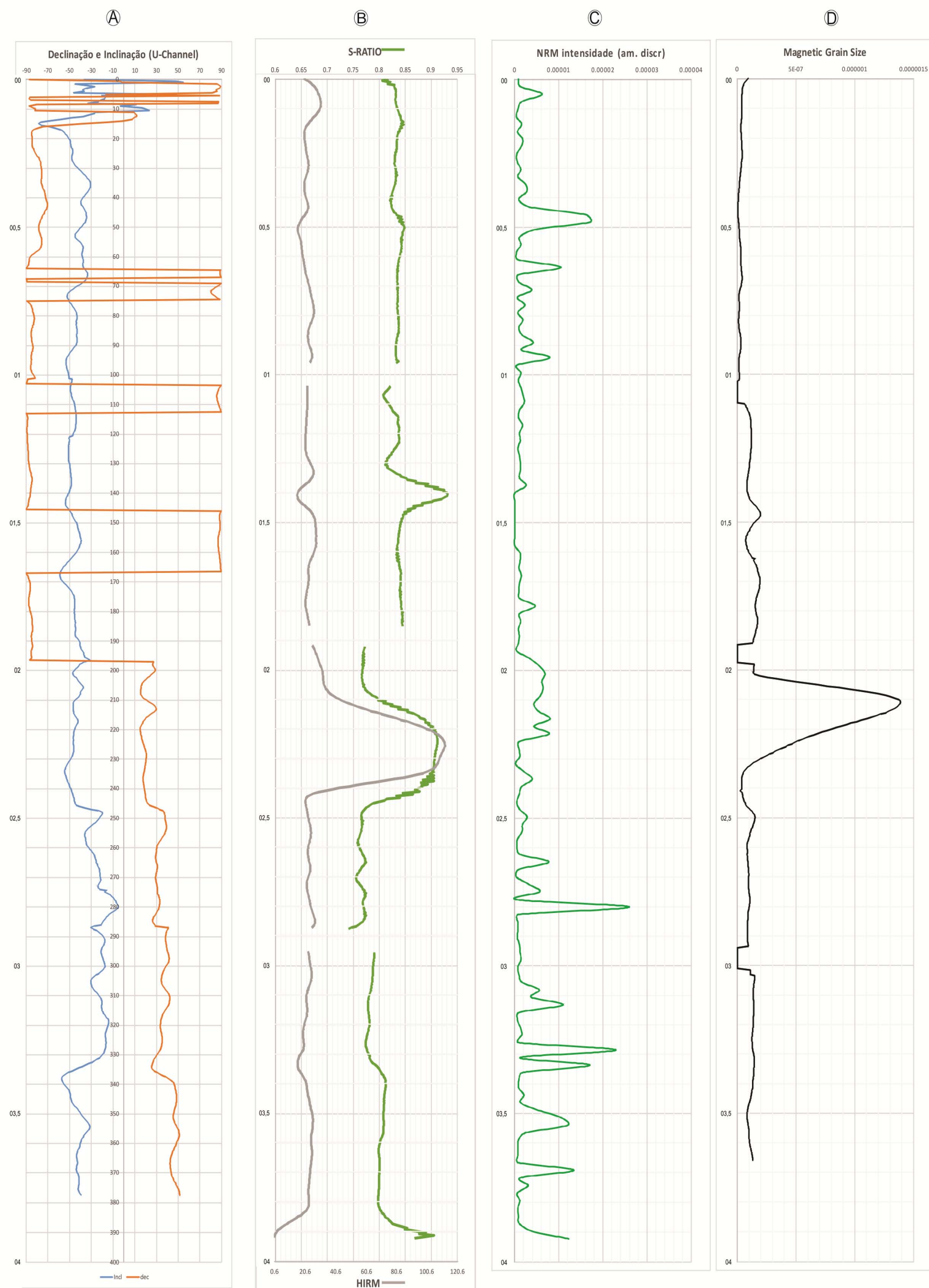


Figura 16: Dados complementares de paleomagnetismo executados nos sedimentos do testemunho NAP61-1; A) inclinação e declinação; B) S-RATIO e HIRM; C) NRM; D) Granulometria magnética

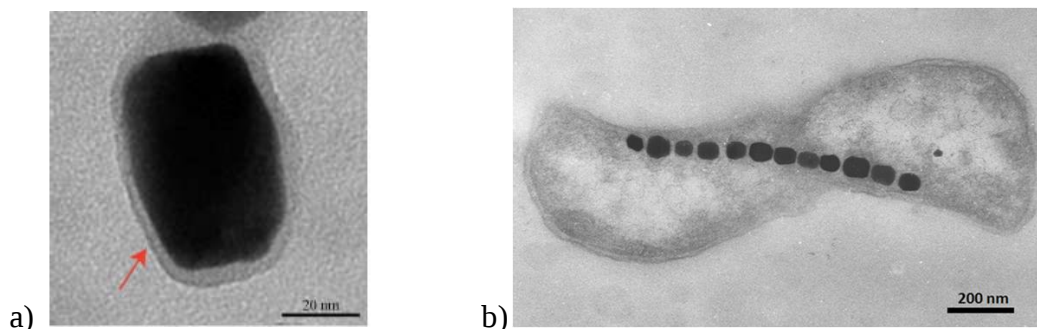


Figura 17: a) magnetossomo e b) magnetossomos fechados pela membrana celular da bactéria, visualizados através de microscópio eletrônico de transmissão (CHEN L. et al., 2012)

O magnetossomo mais comum é composto pelo mineral magnetita, mas também pode ocorrer como greigita, um sulfeto de ferro com estrutura semelhante a da magnetita. Essa estrutura (magnetossomo) gera um momento do dipolo magnético das bactérias. Esta é evidentemente uma característica evolutiva, que ajuda a bactéria a sobreviver. Se o sedimento é perturbado, o momento magnético das bactérias permite que se movam ao longo das linhas do campo magnético da Terra (Figura 17). O campo de imersão irá gerar “linhas” que vão guiá-las de volta para dentro do sedimento onde elas encontrarão nutrientes necessários para sua sobrevivência (CHEN L. et al., 2012; LOWRIE W. 2004).

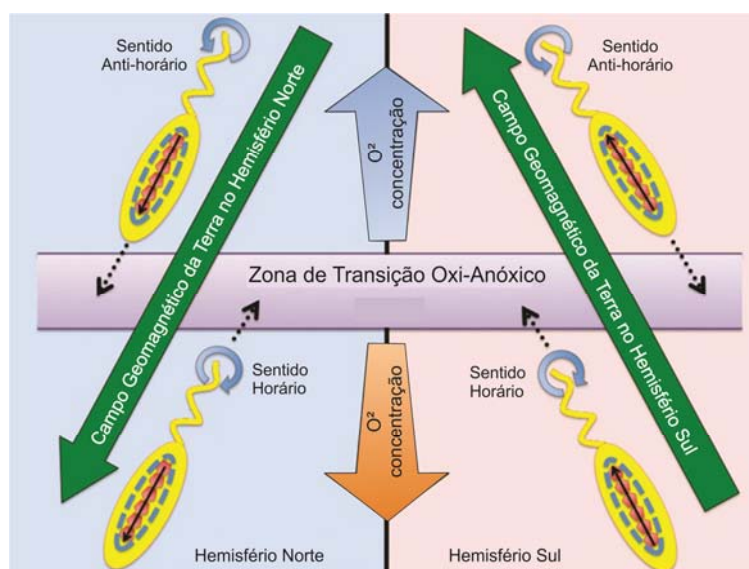


Figura 17: Diagrama que mostra como as bactérias magnetotáticas usam os magnetossomos para se deslocar utilizando campo geomagnético da Terra (modificado de CHEN L. et al., 2012).

Durante muito tempo, acreditou-se que magnetita em sedimentos do fundo de fundo oceânico fosse principalmente de origem detrítica, trazidos dos continentes e dorsais

oceânicas; hoje já é claro que uma grande porção pode ser considerada como biomagnético (LOWRIE, W. 2004).

O pico da granulometria magnética, coincidente com o intervalo em torno de 2 m de profundidade anteriormente referido, pode estar relacionado à magnetossomos. Quando o S-RATIO possui valores muito próximos a 1 (no eixo x) e os grão magnéticos são muito pequenos, isto indica a provável presença de magnetossomos (Figura 18). Para se ter certeza, é necessária a análise do sedimento por meio de MET (microscópio eletrônico de transmissão), em que é possível identificar com clareza os magnetossomos. A presença desses microorganismos pode ser interpretada como uma rápida mudança para um ambiente mais reduzido.

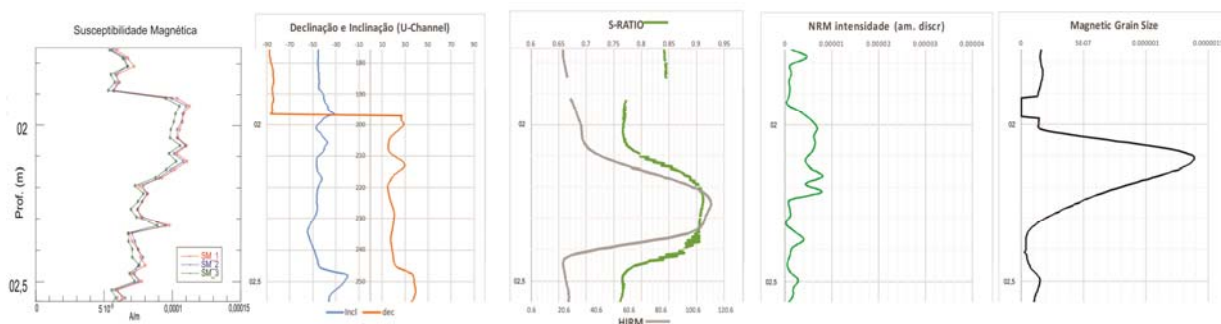


Figura 18: Intervalo entre 0,2 m e 2,5 m, referente aos dados de paleomagnetismo.

No gráfico de inclinação e declinação (Figura 16A) é possível ver que não há inversões, isto é, a inclinação se mantém constante (com oscilação baixa). Já no caso da declinação, esta normalmente varia entre 0° e 360° (aqui foi plotada entre -90° e 90° para que estivesse presente no mesmo gráfico da inclinação), isto porque, quando a direção média está perto do norte, os valores de declinação são sempre bem próximos de 0° e 360°, fazendo com que o gráfico oscile da esquerda para a direita muito rapidamente. As variações presentes nos primeiros 12 cm de profundidade, tanto para inclinação quanto para declinação, são interpretadas como ruído.

De posse destes dados pode-se concluir que o testemunho NAP61-1 é mais jovem que 40 mil anos (data aproximada da última excursão magnética, WORM, 1997). Utilizando valores da taxa de sedimentação calculada por Tessler (2001), que é de 0,217 cm/ano, pode-se inferir que o testemunho possui cerca de 1840 anos. Estes dados de sedimentação são de uma área próxima da localização da NAP61-1, podendo servir como parâmetro para inferência do intervalo de tempo de sedimentação.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos denotam que a dinâmica marinha no período recente tem variado em ciclos, afetando diretamente o ambiente de deposição e, conseqüentemente, gerando características marcantes nos registros da granulometria, nos dados de suscetibilidade magnética, bem como nos conteúdos de matéria orgânica e de carbonato de cálcio dos sedimentos.

Essa dinâmica observada nos sedimentos aqui analisados se confirma quando observamos os padrões de sedimentação na área através da análise feita por Mahiques et al.(2004) e Duarte e Vianna (2007) como já comentado no item anterior. De maneira geral os diversos fatores climático-oceanográficos que vem a influenciar na sedimentação e produção de matéria orgânica são extremamente dinâmicos, e como o testemunho não possui datação fazer afirmações com muita confiança pode acabar se tornando precipitado, assim abordamos as discussões com certa cautela afim de não comprometer o trabalho com ideias desconexas com a realidade do testemunho amostrado.

Para que este trabalho tenha um melhor aproveitamento futuro deve-se fazer uma correlação com dados bioestratigráficos e de idade absoluta com C^{14} , afim de correlacionar as mudanças aqui reconhecidas com uma escala temporal correta e precisa.

Estes dados também devem ser correlacionados com os dados de mais testemunhos coletados na área, de forma a obter-se uma correlação espacial e estratigráfica mais precisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAI M. Geochemical Reconnaissance of the Mid-Cretaceous anoxic event in the Santos Basin, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências* 18(3):273-282. 1988.
- ASSIREU A.T. Estudo das Características Cinemáticas e Dinâmicas das Águas de Superfície do Atlântico Sul Ocidental a partir de Derivadores Rastreados por Satélite, Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 29-38. 2003.
- AYRES A. E THEILEN F. Relationship between P- and S-wave Velocities and Geological Properties of Near-surface sediments of the Continental Slope of the Barents Sea. *Geophysical Prospecting*, 47: 431–441. 1999.
- BUTLER R.F. Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic Terranes. Department of Chemistry and Physics University of Portland, Portland, Oregon. Eletronic Edition, p 16-20. September 2004.
- CHEN L., BAZYLINSKI D.A. e LOWER B.H.(2012) Bacteria That Synthesize Nano-sized Compasses to Navigate Using Earth's Geomagnetic Field. *Nature Education Knowledge* 3(10):30. 2012.
- DEARING J. A., DANN R. J. L., HAY K., LEES J. A., LOVELAND P.J., MAHER B. A. E O'GRADY K. Frequency-dependent susceptibility measurements of environmental materials: *Geophysical Journal International*, 124, 228-240. 1996.
- DIAS, J. A. Evolução do Conceito de Sedimento Relíquia. Disponível em <http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/ebooks/Reliquias.pdf>. Acessado em 29/10/2013. 2004.
- DUARTE, C.S.L E VIANA, A.R. Santos Drift System: stratigraphic organization and implications for late Cenozoic paleocirculation in the Santos Basin, SW Atlantic Ocean. In: A.R. Viana e M. Rebesco (eds) *Economic and Paleooceanographic Significance of Contourite Deposits*. Society for Sedimentary Geology, p. 171-198 (Special Publication No. 276). Doi: 10.114/GSL>SP2007.276.01.09 2007.

ELLWOOD B.B., BALSAM W.L. E ROBERTS H.H. Gulf of Mexico sediment sources and sediment transport trends from magnetic susceptibility measurements of surface samples. *Marine Geology*, 230: 237–248. 2006.

ELLWOOD B.B., CRICK R.E., HAMILTON E.L., HASSANI A., BENOIST S.L. & YOUNG R.H. Magnetosusceptibility Event and Cyclostratigraphy method applied to marine rocks: Detrital input versus carbonate productivity. *Geology*, 28: 1135–1138. 2000

FALCÃO L.C, AYRES A. Parâmetros físicos de sedimentos marinhos superficiais da região costeira de Caravelas, sul da Bahia. *Revista brasileira de geofísica*, vol. 28, p.279-289. 2010.

FERREIRA F. Zoneamento Paleoclimático do Quaternário da Bacia de Santos como base em foraminíferos planctônicos. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Dissertação de Mestrado. p. 22-29. 2011.

FOLK, R. L. e WARD, W. C. Brazas river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of sedimentary petrology*. v. 27, p. 3-26. 1957.

GAETA S.A., LORENZZETTI J.A., MIRANDA L.B., SUSINI-RIBEIRO S.M.M., POMPEU M. e ARAÚJO C.E.S.. The Vitória Eddy and its relation to the phytoplankton biomass and primary productivity during the austral fall of 1995. *Arch Fish. Mar. Res.*, 47(2/3), 253-270. 1999.

HAMILTON, E.L. Compressional-wave attenuation in marine sediments. *Geophysics*, Society of Exploration Geophysicists, vol. 37, p. 620–646. 1972

LIU, Q., ROBERTS, A.P., LARRASOÑÁ, J.C., BANERJEE, S.K., GUYODO, Y., TAUXE, L., E OLDFIELD, K. *Environmental Magnetism: Principles and Applications: Reviews of Geophysics*, 50, RG4002. 2012.

LOWRIE W. *Fundamentals of Geophysics*, Second Edition. Swiss Federal Institute of Technology, Zurich. Cambridge University Press. p. 288-298. 2007.

MACEDO H.C., GARCIA A. F. & J.C., MACHADO. Propriedades acústicas (velocidade de propagação e coeficiente de atenuação) de sedimentos marinhos coletados nas proximidades da ilha de Cabo Frio, RJ. *Revista brasileira de geofísica*. vol.27, p.195-204. 1999.

MAHIQUES, M.; SILVEIRA, I.; SOUZA, S.H. E RODRIGUES, M. Post-LGM sedimentation on the outer shelf of the northeastern part of the São Paulo Bight, southeastern Brazil. *Marine Micropaleontology*, 181:387-400. 2002.

MAHIQUES, M.; TESSLER, M.G. E CIOTTI, A.M. Hydrodynamically driven patterns of recent sedimentation in the shelf and upper slope of Southeast Brazil. *Continental Shelf Research*, 24:1685-1697. doi: 10.1016/j.csr.2004.05.013. 2004.

MATANO R.P. On the separation of Brazil current from the coast J. *Phys. Oceanogr.*, v.23, n.1, p. 79-90. 1993.

MOREIRA J.L.P., MADEIRA C.V., GIL, J.A. e MACHADO A.P. Bacia de Santos. In: PETROBRÁS. Cartas Estratigráficas. PETROBRAS: Boletim de Geociências, Rio de Janeiro, v.15, nº 2, p. 531-549. 2007.

MUSEU NACIONAL DE HISTÓRIA NATURAL, Depto. de História da Terra – Geologia. http://www.mnhn.fr/mnhn/geo/Collection_Marine/moyens_mer/Engins_de_prelevements_eng.htm. Paris, França: Acessado em 15/11/2013.

NUNES, M.C.V.; VIVIERS, M.C. E LANA, C.C. Bacias sedimentares brasileiras – Bacias de Santos. *Phoenix*, 6(66):1-6. ISSN1517-7351, 2004.

PEREIRA, M.J. e FEIJÓ, F.J. Bacia de Santos. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 219-234, jan./mar, 1994.

PRESS, F., SIEVER, R., GROTZINGER, J., JORDAN, T.H. Para entender a Terra. 4ª edição. Versão traduzida do livro. p. 656, 2006.

ROBB, G.B.N., DIX, J.K., BEST, A.I., BULL, J.M, LEIGHTONB, T.G., WHITEB, P.R. e SEAL, A. The compressional wave and physical properties of inter-tidal marine sediments. International Conference “Underwater Acoustic Measurements: Technologies & Results. *Geophysics*, 2005.

ROCHA J., MILIMAN J.D., SANTANA, C.I. E VICALVI M.A. In: MILIMAN J.D. e SUMMERHAYES, C. (eds.) Upper continental margin sedimentation off Brazil. *Contributions to sedimentology*, p. 111-150, 1975.

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

SILVEIRA I.C.A.; SCHMIDT, A.C.K.; CAMPOS, E.J.D.; GODOI, S.S. E IKEDA, Y. A corrente do Brasil ao longo da costa leste brasileira. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 48(2):171-183. doi: 10.1590/S1679-87592000000200008, 2000.

SIQUEIRA, G. W.; DUCATTI G. M. e BRAGA E. S. Avaliação de metais pesados (Pb, Cr, Cu, Fe) no sistema estuarino de Santos/São Vicente e Baía de Santos (São Paulo/Brasil). *Anais do IX Congresso Latino Americano de Ciência Del Mar*. Colômbia, p:305 Cd-Ron. 2001.

SOUZA R.B. Satellite and Lograngian onbservations of mesocale surface processes in the Southwestern Atlantic Ocean. University of Sauthampton, Tese de Doutorado. p. 239, 2000.

STOMMEL H. 1948. The westward intensification of wind-driven ocean currents, *Trans. Am. Geophys. Union*, v.29, n.4, p. 202-206, 1948.

SUTUQUE V, SAVIAN J.F., TRINDADE R.I.F., JANIKIAN L., JOVANE L., ALMEIDA R.P., COCCIONI R., FRONTALINI F., SIDERE M., FIGUEIREDO M.F., TEDESCHI L.R.. Variação na mineralogia magnética ao longo dos eventos de anoxia oceânica do Cretáceo: Um exemplo do OAE1 na Bacia Umbria-Marche, Itália. *Thirteenth International Congress of the Brazilian Geophysical Society*, 1, 1 -5, 2013.

TESSLER M.G. Taxas de Sedimentação Holocênica na Plataforma Continental Sul do Estado de São Paulo. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, Tese de Livre-Docencia. p. 125. 2001.

TOLEDO F.A.L. Variação paleoceanográficas nos últimos 30.000 anos no oeste do Atlântico Sul: Isótopos de oxigênio, assembleia de foraminíferos planctônicos e nanofósseis calcários. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, p. 245, 2000.

TOLEDO, F.A.L.; COSTA, K.B. and PIVEL, M.A. Salinity changes in the western tropical South Atlantic during the last 30 kyr. *Global and Planetary Change*, 57:383-395. doi: 10.1016/j.gloplacha.2007.01.001, 2007.

WORM H. U. A link between geomagnetic reversals and events and glaciations. *Earth Planetary Science Letters* 147, p. 55–67, 1997.

ZEMBRUSKI, S.G. Geomorfologia da Margem Continental Sul Brasileira e das Bacias Oceânicas adjacentes. In: *Geomorfologia da Margem Continental Brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. (Relatório Final)*. Hernani A. F. Chaves, ed., PETROBRAS, CENPES, DINTEP, Rio de Janeiro, 1979 – p. 129-177, 1979.

APÊNDICE I

Amostra	Prof. (m)	976 [Hz] SM_1	3904 [Hz] SM_2	15616 [Hz] SM_3	% MO	%CaCO ₃	Classificação de SHEPARD (1954)	%areia	%silte	%argila
1	60.00	0.000047504	0.000046371	0.00004579	0.16	0.2	Areia Siltica	66.23	31.98	1.79
2	60.03	0.000056353	0.000055412	0.000054495	0.16	0.19	Areia Siltica	57.74	39.83	2.43
3	60.05	0.00005831	0.000022648	0.000057432	0.18	0.19	Areia Siltica	59.72	37.4	2.88
4	60.08	0.000061141	0.000039143	0.000056734	0.15	0.16	Areia Siltica	71.36	26.93	1.71
5	60.10	0.000063579	0.000040178	0.000060196	0.17	0.09	Areia Siltica	64.13	33.77	2.1
6	60.13	0.000048875	0.000018765	0.000045826	0.17	0.13	Areia Siltica	68.08	30.09	1.83
7	60.15	0.000062944	0.000048139	0.000061678	0.16	0.14	Areia Siltica	66.18	32.24	1.58
8	60.18	0.000063624	0.000052271	0.000059223	0.14	0.2	Areia Siltica	64.15	34.19	1.66
9	60.20	0.000077401	0.00008359	0.000074005	0.14	0.23	Areia Siltica	59.05	38.01	2.94
10	60.23	0.000052887	0.000058264	0.000053421	0.15	0.1	Areia Siltica	65.42	32.56	2.02
11	60.26	0.000052172	0.000051651	0.000050315	0.16	0.16	Areia Siltica	59.54	38.39	2.07
12	60.28	0.000052	0.000052178	0.000047637	0.26	0.09	Areia Siltica	58.73	37.76	3.51
13	60.31	0.000048021	0.000048622	0.000045642	0.17	0.28	Areia Siltica	52.11	45.27	2.62
14	60.33	0.000052845	0.00005193	0.000048547	0.12	0.21	Areia Siltica	61.71	35.91	2.38
15	60.36	0.000064313	0.000064342	0.000061637	0.1	0.21	Areia Siltica	63.56	34.36	2.08
16	60.38	0.000074929	0.000073101	0.000069886	0.09	0.21	Areia Siltica	54.87	42.33	2.8
17	60.41	0.00005971	0.000059786	0.000056697	0.12	0.22	Areia Siltica	55.13	42	2.87

CARACTERIZAÇÃO DE SEDIMENTOS DO TESTEMUNHO NAP61-1 DA PLATAFORMA CONTINENTAL
DA BACIA DE SANTOS POR MEIO DE SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA

18	60.43	0.00006339	0.000064446	0.000059226	0.1	0.21	Areia Siltica	53.65	43.4	2.95
19	60.46	0.000068743	0.000082829	0.000072933	0.1	0.22	Areia Siltica	56.85	40.81	2.34
20	60.48	0.000091378	0.0001513	0.0001296	0.12	0.22	Areia Siltica	54.33	43.02	2.65
21	60.51	0.0000665	0.000068324	0.000063245	0.12	0.21	Areia Siltica	56.15	41.65	2.2
22	60.54	0.000061786	0.000061229	0.000057501	0.11	0.19	Areia Siltica	52.62	44.31	3.07
23	60.56	0.000065493	0.000065264	0.000062499	0.12	0.21	Areia Siltica	54.21	42.93	2.86
24	60.59	0.000063409	0.000063787	0.00006103	0.14	0.22	Areia Siltica	63.24	34.78	1.98
25	60.61	0.000063152	0.000064986	0.000062216	0.12	0.22	Areia Siltica	61.71	35.91	2.38
26	60.64	0.000095167	0.000090344	0.000090957	0.12	0.2	Areia Siltica	49.63	47.24	3.12
27	60.66	0.00006066	0.000060332	0.000057058	0.11	0.22	Areia Siltica	57.79	39.51	2.7
28	60.69	0.00006759	0.000063253	0.000061233	0.11	0.22	Areia Siltica	59.04	38.43	2.53
29	60.71	0.000061526	0.000059917	0.000058168	0.11	0.2	Areia Siltica	51.12	45.23	3.65
30	60.74	0.000059378	0.000058604	0.000055737	0.12	0.23	Areia Siltica	58.95	38.57	2.48
31	60.77	0.000065893	0.000062532	0.000058899	0.13	0.2	Areia Siltica	56.02	41.32	2.66
32	60.79	0.000062315	0.000063291	0.0000599	0.1	0.22	Areia Siltica	57.66	39.56	2.78
33	60.82	0.000061212	0.000057478	0.000056126	0.12	0.2	Areia Siltica	62.86	35.06	2.08
34	60.84	0.000057572	0.000056887	0.000054966	0.14	0.17	Areia Siltica	69.22	29.17	1.61
35	60.87	0.000057633	0.000055066	0.000054404	0.1	0.23	Areia Siltica	66.72	31.23	2.05
36	60.89	0.000080254	0.000080381	0.000084465	0.14	0.23	Areia Siltica	64.72	33.1	2.18

CARACTERIZAÇÃO DE SEDIMENTOS DO TESTEMUNHO NAP61-1 DA PLATAFORMA CONTINENTAL
DA BACIA DE SANTOS POR MEIO DE SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA

37	60.92	0.000068523	0.000065329	0.00006282	0.11	0.16	Areia Siltica	66.31	31.65	2.04
38	60.94	0.000068494	0.000064146	0.000070176	0.14	0.22	Areia Siltica	57.98	39.25	2.77
39	60.97	0.000051446	0.000052236	0.000048927	0.15	0.17	Areia Siltica	63.87	34.06	2.07
40	60.99	0.000059155	0.000059933	0.000056362	0.13	0.19	Areia Siltica	58.4	40.22	1.38
41	61.02	0.000066215	0.000064517	0.000060153	0.13	0.23	Silte Arenoso	46.96	49.2	3.84
42	61.05	0.000068761	0.000065405	0.00006278	0.14	0.24	Areia Siltica	62.57	35.57	1.86
43	61.07	0.000065141	0.000065127	0.000061442	0.13	0.2	Areia Siltica	64.23	33.95	1.82
44	61.10	0.000056737	0.00005538	0.000051069	0.13	0.2	Areia Siltica	50.79	46.37	2.84
45	61.12	0.000067383	0.000065027	0.000062668	0.14	0.2	Areia Siltica	50.43	46.87	2.7
46	61.15	0.000056018	0.000053796	0.000053105	0.14	0.24	Areia Siltica	55.81	41.42	2.76
47	61.17	0.000056741	0.000057119	0.000053884	0.14	0.23	Areia Siltica	60	37.8	2.2
48	61.20	0.000054893	0.000054478	0.000052183	0.12	0.24	Areia Siltica	53.3	43.7	3
49	61.22	0.000055023	0.000054216	0.000052316	0.14	0.23	Areia Siltica	61.12	36.86	2.02
50	61.25	0.00005864	0.000058807	0.000056175	0.14	0.2	Silte Arenoso	43.72	52.86	3.42
51	61.28	0.000059195	0.000058926	0.000055957	0.13	0.22	Areia Siltica	60.25	37.9	1.85
52	61.30	0.000062665	0.00006258	0.000058965	0.09	0.21	Silte Arenoso	37.5	59.32	3.18
53	61.33	0.000067242	0.000068297	0.000064466	0.11	0.15	Areia Siltica	59.66	38.14	2.2
54	61.35	0.000064681	0.000064604	0.000059334	0.09	0.2	Areia Siltica	68.44	29.08	1.48
55	61.38	0.00007308	0.000066252	0.00006369	0.1	0.17	Areia Siltica	69.49	29.01	1.5

CARACTERIZAÇÃO DE SEDIMENTOS DO TESTEMUNHO NAP61-1 DA PLATAFORMA CONTINENTAL
DA BACIA DE SANTOS POR MEIO DE SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA

56	61.40	0.000066683	0.00006682	0.000061732	0.14	0.17	Areia Siltica	60.45	37.49	2.06
57	61.43	0.000068206	0.000067843	0.000063435	0.11	0.18	Silte Arenoso	34.36	62.35	3.29
58	61.45	0.000065952	0.000064833	0.00006172	0.12	0.19	Silte Arenoso	35.01	31.92	3.07
59	61.48	0.000087776	0.000092309	0.000069069	0.12	0.24	Areia Siltica	54.68	42.68	2.64
60	61.50	0.00006597	0.000065262	0.000062202	0.13	0.17	Areia Siltica	70.34	28.06	1.6
61	61.53	0.000063244	0.000061391	0.000059406	0.11	0.21	Areia Siltica	67.63	30.6	1.77
62	61.56	0.000068573	0.000066519	0.000064481	0.11	0.21	Areia Siltica	67.46	30.59	1.95
63	61.58	0.000061304	0.00005803	0.000058045	0.14	0.19	Areia Siltica	63.75	34.2	2.05
64	61.61	0.000056665	0.000056268	0.000055175	0.21	0.2	Silte Arenoso	41.9	55.3	2.8
65	61.63	0.000060192	0.000060066	0.000056915	0.15	0.24	Areia Siltica	68.18	29.53	2.29
66	61.66	0.000060569	0.000060833	0.000057603	0.15	0.23	Silte Arenoso	34.52	62.24	3.24
67	61.68	0.000078127	0.00007854	0.000075205	0.13	0.25	Areia Siltica	72.23	26.32	1.45
68	61.71	0.000055927	0.000052904	0.000052066	0.13	0.18	Areia Siltica	58.01	39.79	2.2
69	61.73	0.000057623	0.00005817	0.000054544	0.13	0.17	Areia Siltica	62.65	35.29	2.06
70	61.76	0.000057685	0.000057114	0.000055278	0.15	0.19	Silte Arenoso	44.09	53.14	2.77
71	61.79	0.000076772	0.000074615	0.000073626	0.13	0.2	Areia Siltica	69.29	28.72	1.99
72	61.81	0.000060189	0.000056909	0.000055318	0.13	0.19	Silte Arenoso	37.52	59.17	3.31
73	61.84	0.000069125	0.00006701	0.000065387	0.13	0.18	Silte Arenoso	40.57	56.59	2.84
74	61.86	0.000073828	0.000068649	0.000068985	0.15	0.21	Areia Siltica	65.1	31.85	3.05

75	61.89	0.000061268	0.000059641	0.00005627	0.1	0.18	Areia Siltica	72.23	26.23	1.54
76	61.91	0.000061125	0.000062842	0.000059303	0.14	0.23	Silte Arenoso	29.62	66.33	4.05
77	61.94	0.000058789	0.000058034	0.000054439	0.17	0.19	Areia Siltica	72	25.77	2.23
78	61.96	0.00010601	0.0001019	0.000097317	0.18	0.13	Silte Arenoso	32.66	64.28	3.06
79	61.99	0.00011539	0.00011286	0.00010775	0.129	0.221	Silte Arenoso	37.36	59.85	2.79
80	62.01	0.00011086	0.00011012	0.00010468	0.15	0.13	Areia Siltica	73.35	25.22	1.43
81	62.04	0.00011001	0.00010929	0.00010349	0.16	0.17	Areia Siltica	70.69	27.33	1.98
82	62.07	0.00010782	0.00010591	0.00010112	0.18	0.17	Areia Siltica	71.59	26.21	2.2
83	62.09	0.00010634	0.00010599	0.00010067	0.2	0.16	Areia Siltica	60.73	36.05	3.22
84	62.12	0.00011309	0.00011223	0.00010823	0.136	0.225	Silte Arenoso	39.57	57.45	2.98
85	62.14	0.00010569	0.0001035	0.000099829	0.123	0.224	Areia	77.38	21.5	1.12
86	62.17	0.0001134	0.00011076	0.00010525	0.08	0.21	Silte Arenoso	37.48	59.41	3.11
87	62.19	0.00010394	0.00010108	0.000097668	0.16	0.17	Areia Siltica	68.48	29.01	2.51
88	62.22	0.000094506	0.0000926	0.000089644	0.18	0.14	Areia Siltica	68.16	29.65	2.19
89	62.24	0.000077326	0.000080143	0.000074356	0.18	0.16	Silte Arenoso	37.84	59.5	2.66
90	62.27	0.000083884	0.000083561	0.000080776	0.17	0.13	Areia Siltica	73.22	24.88	1.9
91	62.30	0.000079689	0.000079862	0.000076643	0.12	0.218	Areia Siltica	74.6	24.06	1.34
92	62.32	0.000076539	0.000076006	0.000071308	0.2	0.17	Areia Siltica	68.49	29.41	2.1
93	62.35	0.000078501	0.000079814	0.000075498	0.18	0.17	Silte Arenoso	39.27	57.7	3.03

CARACTERIZAÇÃO DE SEDIMENTOS DO TESTEMUNHO NAP61-1 DA PLATAFORMA CONTINENTAL
DA BACIA DE SANTOS POR MEIO DE SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA

94	62.37	0.00010034	0.00009749	0.000091235	0.17	0.18	Areia Siltica	64.95	31.1	3.95
95	62.40	0.000069712	0.000072073	0.00006922	0.152	0.233	Areia Siltica	69.88	27.32	2.8
96	62.42	0.000072301	0.000074326	0.000069516	0.158	0.17	Areia Siltica	68.78	27.85	3.37
97	62.45	0.000076821	0.000076531	0.00007234	0.131	0.208	Areia Siltica	68.55	28.7	2.75
98	62.47	0.000078447	0.000080458	0.000072356	0.178	0.12	Silte Arenoso	34.29	62.31	3.4
99	62.50	0.000082061	0.000076889	0.000077747	0.143	0.236	Areia	77.53	21.77	0.7
100	62.52	0.000072025	0.000073942	0.000070275	0.134	0.207	Silte Arenoso	38.34	58.49	3.17
101	62.55	0.000079618	0.000077053	0.000074274	0.16	0.17	Silte Arenoso	36.71	60.59	2.7
102	62.58	0.000061235	0.00005943	0.00005686	0.19	0.1	Silte Arenoso	39.2	57.62	3.18
103	62.60	0.000064951	0.000067238	0.000060121	0.152	0.216	Silte Arenoso	37.52	59.77	2.71
104	62.63	0.000058759	0.000057301	0.000055091	0.17	0.18	Silte Arenoso	41.11	55.87	3.02
105	62.65	0.000071114	0.000070171	0.00006813	0.147	0.233	Areia Siltica	48.71	48.67	2.62
106	62.68	0.00015209	0.00010053	0.000094799	0.17	0.222	Areia Siltica	63.27	33.5	3.23
107	62.70	0.000065117	0.000062649	0.000059884	0.195	0.16	Silte Arenoso	34.39	62.52	3.09
108	62.73	0.000066316	0.000065135	0.000064061	0.21	0.04	Areia	80.59	18.8	0.61
109	62.75	0.000065745	0.000065117	0.000062199	0.18	0.1	Areia Siltica	64.31	32.81	2.88
110	62.78	0.000062617	0.00006396	0.000059975	0.19	0.16	Areia Siltica	62.74	34.08	3.18
111	62.81	0.000083094	0.000082391	0.000077402	0.122	0.237	Silte Arenoso	40.49	56.64	2.87
112	62.83	0.000061564	0.000062106	0.000059089	0.16	0.15	Silte Arenoso	44.47	52.62	2.91

113	62.86	0.000062018	0.000062701	0.000057984	0.14	0.214	Silte Arenoso	40.34	56.94	2.72
114	62.88	0.000058475	0.000056984	0.000054663	0.19	0.14	Areia Siltica	49.38	48.13	2.5
115	62.91	0.000054354	0.000054987	0.000051164	0.2	0.14	Areia Siltica	69.96	28.06	1.98
116	62.93	0.000063437	0.000063833	0.000059641	0.114	0.227	Silte Arenoso	43.9	53.44	2.66
117	62.96	0.000071226	0.000072021	0.000069126	0.17	0.17	Silte Arenoso	40.63	56.44	2.93
118	62.98	0.000062797	0.000061391	0.000059205	0.195	0.09	Areia Siltica	50.28	46.57	3.15
119	63.01	0.000055398	0.000056273	0.000053283	0.17	0.1	Silte Arenoso	44.42	52.85	2.73
120	63.03	0.000062228	0.000062079	0.000057021	0.134	0.207	Areia Siltica	69	29.42	1.58
121	63.06	0.000061016	0.000059832	0.000056345	0.19	0.16	Silte Arenoso	39.37	57.69	2.94
122	63.09	0.000056054	0.000056028	0.000054671	0.19	0.14	Areia Siltica	50.07	47.61	2.32
123	63.11	0.000054943	0.000054623	0.000052611	0.184	0.1	Areia Siltica	70.39	28.41	1.2
124	63.14	0.000063003	0.00005907	0.000057843	0.17	0.15	Areia Siltica	69.33	28.78	1.89
125	63.16	0.000060762	0.000059768	0.000055039	0.135	0.223	Areia Siltica	67.07	31.28	1.65
126	63.19	0.000055123	0.000057005	0.000054208	0.16	0.14	Areia Siltica	66.17	32.02	1.81
127	63.21	0.000063917	0.000066474	0.000063435	0.133	0.202	Areia Siltica	53.38	41.85	4.77
128	63.24	0.000069408	0.000069188	0.00006667	0.13	0.221	Areia Siltica	69.74	28.48	1.78
129	63.26	0.000061271	0.000062348	0.000058509	0.119	0.22	Silte Arenoso	47.02	50.29	2.69
130	63.29	0.000087426	0.00013261	0.00013671	0.113	0.212	Areia Siltica	64.42	33.91	1.67
131	63.32	0.000063333	0.000060503	0.000058599	0.114	0.203	Areia Siltica	58.03	39.58	2.39

CARACTERIZAÇÃO DE SEDIMENTOS DO TESTEMUNHO NAP61-1 DA PLATAFORMA CONTINENTAL
DA BACIA DE SANTOS POR MEIO DE SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA

132	63.34	0.000082711	0.000076832	0.00007985	0.124	0.21	Areia Siltica	70.76	27.65	1.59
133	63.37	0.000066297	0.000060856	0.00006178	0.15	0.14	Areia Siltica	59.14	38.52	2.34
134	63.39	0.000060359	0.000059425	0.000055001	0.11	0.234	Areia Siltica	61.69	35.98	2.33
135	63.42	0.000051867	0.000052754	0.000049518	0.17	0.14	Areia Siltica	61.47	36.23	2.3
136	63.44	0.000067852	0.000068285	0.000062803	0.18	0.15	Areia Siltica	54.18	43.16	2.66
137	63.47	0.000067753	0.000067581	0.000063619	0.15	0.11	Areia Siltica	54.28	42.83	2.89
138	63.49	0.000065583	0.000063406	0.000060694	0.116	0.192	Areia Siltica	63.26	34.64	2.1
139	63.52	0.000064359	0.000063129	0.000059546	0.123	0.217	Areia Siltica	60.18	37.57	2.25
140	63.54	0.000067104	0.000066105	0.00006371	0.115	0.233	Silte Arenoso	43.83	51.76	4.41
141	63.57	0.000071134	0.000069606	0.000067182	0.112	0.198	Areia Siltica	52.36	44.77	2.87
142	63.60	0.000066263	0.000065455	0.000063368	0.14	0.11	Silte Arenoso	46.57	49.62	3.81
143	63.62	0.000059688	0.00005892	0.000056493	0.115	0.21	Areia Siltica	51.97	44.92	3.11
144	63.65	0.000060566	0.000061366	0.000058287	0.1	0.263	Areia Siltica	59.51	38.16	2.33
145	63.67	0.000073747	0.00007173	0.00006884	0.102	0.214	Areia Siltica	50.02	46.31	3.67
146	63.70	0.00010974	0.000082611	0.000079539	0.081	0.232	Areia Siltica	52.26	44.53	3.21
147	63.72	0.000066712	0.000068253	0.000064094	0.17	0.18	Areia Siltica	59.26	37.72	3.02
148	63.75	0.000060224	0.000063201	0.000057956	0.108	0.233	Areia Siltica	62.55	35.2	2.25
149	63.77	0.000059659	0.000059902	0.000056647	0.101	0.242	Silte Arenoso	45.49	50.45	4.06
150	63.80	0.000061603	0.000062117	0.000058106	0.14	0.16	Areia Siltica	58.71	38.83	2.46

151	63.83	0.000062581	0.000064533	0.0000606	0.147	0.11	Areia Siltica	54.17	43.18	2.65
152	63.85	0.000056931	0.000057697	0.000054466	0.16	0.15	Areia Siltica	62.99	34.96	2.05
153	63.88	0.00008933	0.000068074	0.000083485	0.15	0.12	Areia Siltica	57.54	40.31	2.15
154	63.90	0.000064965	0.000064682	0.000062768	0.15	0.15	Areia Siltica	63.7	34.5	1.8
155	63.93	0.000067965	0.000063202	0.000064582	0.14	0.15	Areia Siltica	58.07	39.4	2.53
156	63.95	0.00014909	0.00013545	0.00014279	0.11	0.23	Areia Siltica	55.43	42.26	2.31
157	63.98	0.00022802	0.00013208	0.00020421	0.17	0.17	Areia Siltica	62.55	35.54	1.91