

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**ESTRATIGRAFIA DE SEQUENCIAS NO COMPLEXO VULCANO-  
SEDIMENTAR DE ABROLHOS  
(EOCENO DA BACIA DO ESPIRITO SANTO, BRASIL)**

**RANGEL BORGES DOS SANTOS FILHO**

**ORIENTADOR: CLAITON MARLON DOS SANTOS SCHERER**

**BANCA EXAMINADORA: Prof. Dr. Luiz José Tomazelli  
Prof. Dr. Carlos Emanuel de Souza Cruz  
Prof. Dr. Ernesto Luiz Correa Lavina**

**Dissertação de Mestrado apresentada como  
requisito para obtenção de Título de Mestre  
em Geociências**

**Porto Alegre - 2009**

Santos Filho, Rangel Borges dos  
Estratigrafia de Sequências no Complexo Vulcano-sedimentar de  
Abrolhos (Eoceno da Bacia do Espírito Santo, Brasil). / Rangel Borges  
dos Santos Filho. - Porto Alegre : IGEO/UFRGS, 2009.  
[105 f.] il.

Dissertação (Mestrado). - Universidade Federal do Rio Grande do  
Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em  
Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2009.  
Orientação: Prof. Dr. Claiton Marlon dos Santos Scherer.

1. Estratigrafia de Sequências. 2. Abrolhos. 3. Eoceno.  
4. Vulcano-sedimentar. I. Título.

---

Catálogo na Publicação  
Biblioteca Geociências - UFRGS  
Renata Cristina Grun CRB 10/1113

## AGRADECIMENTOS

A PETROBRAS, pela oportunidade que me foi proporcionada.

Ao orientador, Claiton Scherer pelo apoio durante a elaboração desta dissertação.

A todos os integrantes da Gerência de Sedimentologia e Estratigrafia da UN-ES, em especial à Vânia Campinho, Roberto Matte e Eveline Zambonato.

A Selma Roriz pelo companheirismo e incentivo absolutos.

Aos colegas de turma pelo convívio, discussões e informações. Aos professores do curso. Ao coordenador do convênio PETROBRAS/UFRGS, Gerson Terra.

A Regina, Nina Rosa, Monalisa e André pelo apoio e compreensão incondicionais.

Ao pessoal da Marinha e do IBAMA sediados em Abrolhos.

Por último, mas não menos importante, aos meus amigos Fernando Freire e Dabyson Vasconcelos pelo estímulo e apoio.

## RESUMO

No arquipélago de Abrolhos afloram rochas siliciclásticas nas ilhas de Santa Bárbara e Redonda. Datações radiométricas recentes atribuem a idade Eocênica às rochas vulcânicas aflorantes que ocorrem associadas a sequências sedimentares. Este trabalho sintetiza alguns aspectos sedimentológicos e estratigráficos levantados em campanhas de campo, com o objetivo de ampliar o conhecimento acerca de um dos poucos exemplares dessa natureza na margem continental leste do Brasil.

Com base na classificação e interpretação das fácies, e no agrupamento destas em associações de fácies, foi possível inserir os depósitos estudados num contexto de plataforma rasa a profunda. Dessa forma, interpreta-se um modelo sedimentológico composto por um sistema deposicional deltaico e marinho raso, influenciado por ondas e caracterizado por um subsistema de *shoreface* médio a *shoreface* inferior.

A partir do reconhecimento e da delimitação dos padrões de empilhamento das superfícies cronoestratigráficas nos perfis litológicos levantados nos afloramentos, foram identificadas três Sequências T-R de 4ª ordem. Os empilhamentos destas Sequências formam uma tendência geral progracional para a seção estudada.



## **ABSTRACT**

In the Abrolhos archipelago occurs siliciclastic rocks outcrops on the islands of Santa Barbara and Redonda. Modern radiometric datings attribute Eocene age to the volcanic rocks occurrences associated with sedimentary sequences. This work summarizes some sedimentological and stratigraphic aspects collected in field campaigns, in order to enhance our understanding about one of the few examples of its kind in the Brazilian continental eastern coast.

Based on the classification and interpretation of facies, and the grouping of these facies associations, it was possible to insert the deposits studied in the context of shallow to deep shelf. Thus, it is interpreted sedimentological model composed of a deltaic depositional system and shallow marine, influenced by waves and characterized by a subsystem of medium shoreface to lower shoreface.

From the recognition and demarcation of the stacking patterns of the surfaces chronostratigraphy in lithologic profiles collected in outcrops, three 4th order TR sequences were identified. The stacking of these sequences form a progradational general trend for the section studied.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Mapa de localização do Arquipélago de Abrolhos.
- Figura 2 – Mapa mostrando segmento correspondente às bacias de Mucuri e do Espírito Santo.
- Figura 3 – Carta Estratigráfica da bacia do Espírito Santo
- Figura 4 – Carta Estratigráfica da bacia de Mucuri
- Figura 5 – Foto aérea mostrando a disposição das ilhas no arquipélago.
- Figura 6 – Mapa com localização e imagens dos afloramentos no arquipélago de Abrolhos
- Figura 7 – Imagem mostrando costa leste brasileira e dorsal meso-oceânica.
- Figura 8 – Mapa de localização Banco de Abrolhos, Banco Besnard e Cadeia Vitória-Trindade (modif. de Martins *et al.* 2007).
- Figura 9 – Mapa geomorfológico/batimétrico da região de Abrolhos (Mohriak, 2002).
- Figura 10 – Mapa batimétrico bacias de Cumuruxatiba e Jequitinhonha (modif. de Rodvalho *et al.*, 2003)
- Figura 11 – Mapa gravimétrico da região de Abrolhos (Mohriak, 2002).
- Figura 12 – Modelo de Fodor, 1989.
- Figura 13 – Seção-tipo e seção de referência da Fm. Abrolhos.
- Figura 14 – Terraço de abrasão – costa Leste da Ilha Santa Bárbara
- Figura 15 – Terraço de abrasão – costa Leste/Sudeste da Ilha Santa Bárbara.
- Figura 16 – Terraço de abrasão – costa Sudeste da Ilha Santa Bárbara.
- Figura 17 – Terraço de abrasão – costa Sul da Ilha Santa Bárbara.
- Figura 18 – Terraço de abrasão – costa Norte da Ilha Santa Bárbara.
- Figura 19 – Terraço de abrasão – costa Leste da Ilha Redonda.
- Figura 20 – Terraço de abrasão – costa Oeste da Ilha Redonda.
- Figura 21 – Litofácies Srp.
- Figura 22 – Detalhe paleocorrentes (sentido oeste para leste) na litofácies Srp.
- Figura 23 – Detalhe paleocorrentes (sentido leste para oeste) na litofácies Srp.
- Figura 24 – Camada denominada “Siltito Bioturbado”
- Figura 25 – Detalhe da camada “Siltito Bioturbado”
- Figura 26 – Foto panorâmica ressaltando a espessura da litofácies Psl
- Figura 27 – Litofácies Psl – “load structures”
- Figura 28 – Litofácies Psl – feições de escorregamentos.

Figura 29 – Litofácies Psl - Lente arenosa deformada possivelmente por tectonismo.

Figura 30 – Litofácies Psl - Fragmento de carvão contorcido.

Figura 31 – Contato do topo da litofácies Psl (ondulações) e *ripples* da litofácies sobreposta.

Figura 32 – Detalhe litofácies Pla (cor verde) com bioturbações (*Chondrites*).

Figura 33 – Detalhe litofácies Pla (cor preta) com bioturbações (*Schaubcylindrichnus*).

Figura 34 – Litofácies Pma em contato com fácies heterolíticas

Figura 35 – Detalhe litofácies Pma – restos vegetais.

Figura 36 – Detalhe litofácies Pma – restos vegetais.

Figura 37 – Litofácies AFfd mostrando semelhança com a Sequência de Bouma.

Figura 38 – Sequência de Bouma ideal.

Figura 39 – Litofácies AFhk – detalhe estrutura *hummocky* (costa Sul da Ilha Sta. Bárbara).

Figura 40 – Litofácies AMxs – Disposição sigmoidal e paleocorrente de leste para oeste.

Figura 41 – Litofácies AMxs – Sigmóide deformado e paleocorrente de oeste para leste.

Figura 42 – Litofácies AMxs – Detalhe estratificação sigmoidal (costa NE da I. Redonda).

Figura 43 – Litofácies AMpp – Clastos líticos e deformação plástica (costa leste da Ilha de Santa Bárbara).

Figura 44 – Litofácies AMpp – Detalhe de ondulações e *ripples* no topo.

Figura 45 – Litofácies AMpp – Corpos amalgamados.

Figura 46 – Litofácies AMpp – Detalhe de clastos argilosos (tapetes de tração).

Figura 47 – Litofácies AMpp – Detalhe de fragmentos líticos.

Figura 48 – Litofácies AGma – Fragmentos líticos (costa SE da Ilha de Santa Bárbara).

Figura 49 – Litofácies AGxb – (costa oeste da Ilha Sta. Bárbara. Atobá como escala).

Figura 50 – Litofácies AGxb – Estratificação tabular a baixo ângulo; soleira de basalto intercalada (costa oeste da Ilha Sta. Bárbara; atobá como escala).

- Figura 51 – Litofácies AGxb – Estratificação de baixo ângulo e soleira (costa oeste da Ilha Sta. Bárbara. Atobá como escala).
- Figura 52 – Litofácies AGxb – Indicações de paleocorrentes na base de bloco rolado (costa oeste da Ilha Sta. Bárbara).
- Figura 53 – Litofácies CGAma – Fragmento lítico de dimensões métricas.
- Figura 54 – Litofácies CGAma – Imbricamento de seixos (costa leste da Ilha Sta. Bárbara).
- Figura 55 – Litofácies PCLma – Fragmentos líticos dispersos (costa leste da Ilha Sta. Bárbara).
- Figura 56 – Litofácies PCLma – Possível gradação (costa Leste da Ilha Sta. Bárbara).
- Figura 57 – Litofácies PCLma - Gradação de seixos (costa Leste da Ilha Sta. Bárbara)
- Figura 58 – Litofácies PCLma - Fragmentos de carvão.
- Figura 59 – Contato gradacional entre as litofácies PCLma e Psl.
- Figura 60 – Litofácies CGbr - Brecha sedimentar.
- Figura 61 – Soleira de basalto – costa Oeste da Ilha Santa Bárbara.
- Figura 62 – Vulcanoclásticas (costa Leste da Ilha Santa Bárbara, Rodvalho 2003).
- Figura 63 – Vulcanoclásticas (costa Norte da Ilha Redonda).
- Figura 64 – Vulcanoclásticas (costa Norte da Ilha Sta Bárbara).
- Figura 65 – Associação de fácies AF1.
- Figura 66 – Associação de fácies AF2.
- Figura 67 – Associação de fácies AF2.
- Figura 68 – Associação de fácies AF3. Soleira de basalto em destaque.
- Figura 69 – Associação de fácies AF3.
- Figura 70 – Associação de fácies AF4.
- Figura 71 – Associações de fácies AF4 a AF1.
- Figura 72 – Tabela de associações de fácies
- Figura 73 – Superfícies estratigráficas limitantes – MRS e MFS - (Embry e Johannessen, 2002).
- Figura 74 - Perfil Anasete montado a partir do perfil litológico do flanco leste da Ilha de Santa Bárbara.
- Figura 75 – Perfil Anasete montado a partir do perfil litológico do flanco oeste da Ilha de Santa Bárbara.

Figura 76 – Perfil Anasete montado a partir do perfil litológico do flanco sul da Ilha Redonda

Figura 77 – Localização em mapa da falha de empurrão/transcorrente (*strike-slip fault*)

Figura 78 – Falha de empurrão/transcorrente (*strike-slip fault*) interpretada no afloramento do ponto de desembarque sul.

Figura 79 – Hipótese de correlação de afloramentos considerando continuidade lateral dos perfis litológicos.

Figura 80 – Hipótese de correlação de afloramentos considerando falha de empurrão e cavalgamento dos perfis litológicos.

Figura 81 – Ciclos de variação do nível de base, eventos e superfícies relacionadas (Embry e Johannessen, 2002).

Figura 82 – SEQ-1 Superfícies estratigráficas identificadas nos afloramentos da costa leste (D1 e D2) da Ilha de Santa Bárbara.

Figura 83 – SEQ-1 e superfícies estratigráficas identificadas nos afloramentos da costa sudeste Ilha de Santa Bárbara e contato com intrusiva (CI).

Figura 84 – SEQ-1 e SEQ-2 e superfícies estratigráficas identificadas nos afloramentos da costa sul da Ilha de Santa Bárbara.

Figura 85 – SEQ-2 e SEQ-3 e superfícies estratigráficas identificadas nos afloramentos da costa sudoeste da Ilha de Santa Bárbara.

Figura 86 – SEQ-2 e SEQ-3 e superfícies estratigráficas identificadas nos afloramentos da costa oeste da Ilha de Santa Bárbara e contatos com ígneas e vulcanoclásticas.

Figura 87 – SEQ-2 e SEQ-3 e superfícies estratigráficas identificadas nos afloramentos da costa sudoeste da Ilha Redonda e contato com ígneas e vulcanoclásticas.

Figura 88 – Superfície marcada por ondulações produzidas por retrabalhamento (costa leste da Ilha de Santa Bárbara).

Figura 89 – Camada de siltito bioturbado representando uma Superfície Transgressiva (costa oeste da Ilha de Santa. Bárbara).

Figura 90 – Camada de pelito representando uma SMT correlata (costa sul da Ilha de Santa. Bárbara).

Figura 91 – Classificação hierárquica dos ciclos deposicionais (Vail *et al.*, 1991).

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>IV</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>V</b>
<b>CAPITULO I: INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 – Apresentação .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 – Objetivos .....</b>	<b>1</b>
<b>1.3 – Localização da Área .....</b>	<b>1</b>
<b>1.4 – Metodologia de trabalho .....</b>	<b>7</b>
<b>CAPITULO II: GEOLOGIA REGIONAL .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 – Contexto Geotectônico .....</b>	<b>9</b>
2.1.1 – O Platô de Abrolhos .....	11
<b>2.2 – Contexto Estratigráfico .....</b>	<b>16</b>
2.2.1 – Evolução Tectono-Sedimentar .....	17
2.2.2 – A Formação Urucutuca .....	18
2.2.3 – A Formação Abrolhos.....	18
2.2.4 – A Distribuição das Rochas Ígneas.....	21
<b>2.3 – Contexto geomorfológico dos afloramentos da Ilha de Santa Bárbara.....</b>	<b>21</b>
2.3.1 – Terraços de Abrasão.....	21
<b>CAPITULO III – TRABALHOS ANTERIORES.....</b>	<b>26</b>
<b>3.1 – Mohriak et al (2002).....</b>	<b>26</b>
<b>3.2 – Mohriak et al (2003).....</b>	<b>26</b>
<b>3.3 – Souza Cruz (2006).....</b>	<b>27</b>
<b>CAPITULO IV – ANÁLISE FACIOLÓGICA.....</b>	<b>29</b>
<b>4.1 – Litofácies .....</b>	<b>29</b>
4.1.1 – Siltitos com ripples/Arenitos finos com ripples (Srp).....	29
4.1.2 – Pelito com estruturas de escorregamentos e de carga (Psl).....	33
4.1.3 – Pelito laminado (bioturbado) (Pla).....	38
4.1.4 – Pelito maciço (localmente com fragmentos vegetais) (Pma).....	39
4.1.5 – Arenitos finos a médios com fluidizações (AFfd).....	42
4.1.6 – Arenitos finos com <i>hummocky</i> (AFhk).....	43
4.1.7 – Arenitos médios com cruzada sigmoidal (AMxs).....	44
4.1.8 – Arenitos médios com laminação plano paralela (AMpp) .....	46
4.1.9 – Arenitos grossos, macicos (AGma) .....	50
4.1.10 – Arenitos grossos com estratificação de baixo ângulo (AGxb) .....	52
4.1.11 – Conglomerados arenosos maciços (CGAma) .....	55
4.1.12 – Paraconglomerados lamosos maciços (PCLma).....	58
4.1.13 – Conglomerado clasto suportado, brechoide (CGbr) .....	62
4.1.14 – Ígneas (Vulcânicas).....	63
4.1.15 – Vulcanoclásticas.....	64
<b>4.2 – Associações de Fácies.....</b>	<b>67</b>

4.2.1 – Shoreface Inferior – AF1 .....	67
4.2.2 – Frente Deltaica Distal/Mediana retrabalhada por onda – AF2.....	69
4.2.3 – Frentes Deltaicas Proximais (Lobos) – AF3 .....	72
4.2.4 – Fluxos Gravitacionais de Massa e de Detrito – AF4.....	74
<b>CAPÍTULO V – ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA .....</b>	<b>78</b>
<b>5.1 – Estratigrafia de Sequências.....</b>	<b>78</b>
5.1.1 – Arcabouço Estratigráfico dos afloramentos .....	78
5.1.2 – Superfícies Estratigráficas e Tratos de Sistemas .....	84
5.1.3 – Sequências T-R.....	91
5.1.4 – Fatores controladores da sedimentação .....	92
<b>CAPÍTULO VI: CONCLUSÕES .....</b>	<b>93</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXO I .....</b>	<b>103</b>
<b>ANEXO II.....</b>	<b>105</b>

# **CAPITULO I: INTRODUÇÃO**

## **1.1 – Apresentação**

Devido a sua localização e ao caráter vulcano-sedimentar as rochas aflorantes do Arquipélago de Abrolhos oferecem oportunidade de realização de estudos de sedimentologia e estratigrafia voltados para a exploração petrolífera.

## **1.2 – Objetivos**

Com base na análise dos afloramentos de rochas siliciclásticas no Complexo Vulcano-sedimentar de Abrolhos (CVA), especificamente nas ilhas Santa Bárbara e Redonda, foram definidos os seguintes objetivos para o presente trabalho:

- Definição e interpretação das fácies, associações de fácies e sistemas deposicionais;
- Estabelecer um arcabouço estratigráfico de alta resolução dentro dos critérios da Estratigrafia de Sequências;

Embora estas ilhas sejam chamadas de vulcânicas, sabe-se que a maior parte das rochas ali presentes é de natureza sedimentar, formadas principalmente por arenitos.

## **1.3 – Localização da Área**

O Complexo Vulcano-Sedimentar de Abrolhos dista aproximadamente 70 km da costa brasileira na região sul do Estado da Bahia (Figura 1), no segmento correspondente às Bacias de Espírito Santo, Mucuri e Cumuruxatiba (Figura 2). Este complexo corresponde a uma extensa província magmática com área circunscrita superior a 40.000 km<sup>2</sup>, formada na margem continental leste do Brasil. As figuras 3 e 4 mostram respectivamente as cartas estratigráficas das bacias do Espírito Santo e de Mucuri.



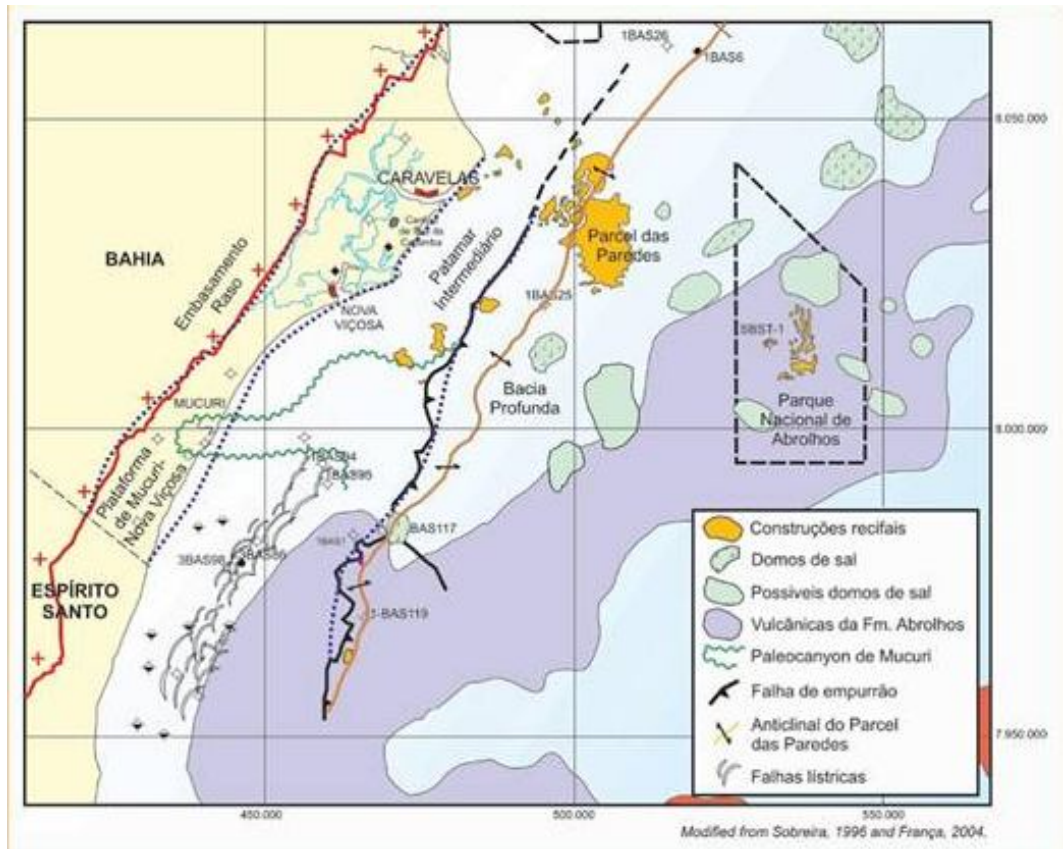


Figura 1 – Mapa de localização do Arquipélago de Abrolhos.



Figura 2 – Mapa mostrando segmento correspondente às bacias de Mucuri e do Espírito Santo (Modificado de Carvalho et al. 1989)





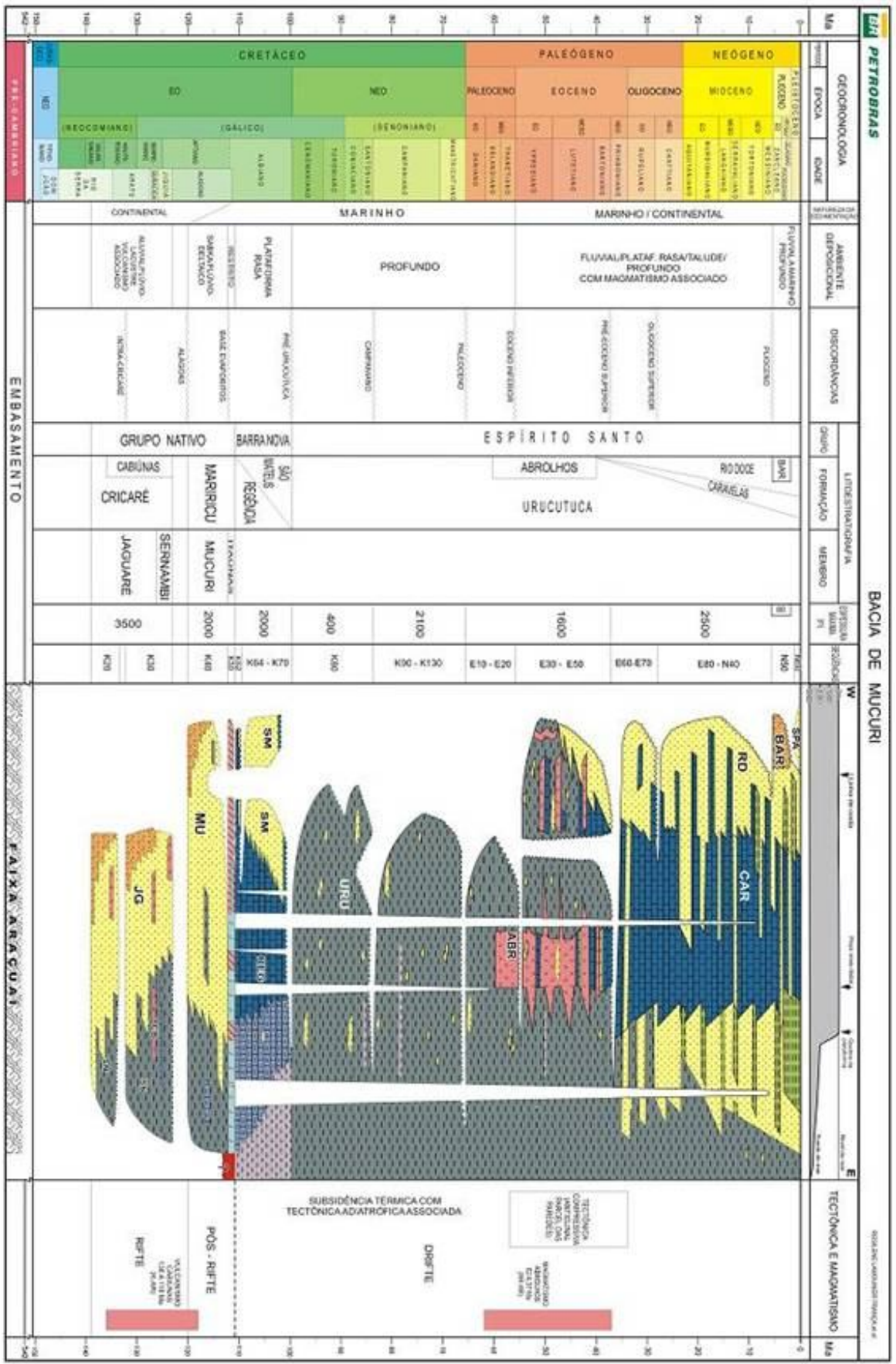


Figura 4 – Carta Estratigráfica da bacia de Mucuri (França et al. 2007).

A província correspondente ao CVA, implantada sobre crosta continental atenuada durante a fase rifte, está associada a magmatismo básico, do tipo intraplaca, e caráter toleítico a alcalino. As rochas ígneas pertencentes a este complexo (dentre as quais predominam basaltos) estão incluídas, litoestratigraficamente, na Formação Abrolhos daquelas bacias, e afloram somente nas cinco ilhas que compõem o Arquipélago de Abrolhos (Figura 5). As ilhas estão assim caracterizadas:

- Ilha Santa Bárbara - É a maior e a principal ilha do arquipélago. Possui aproximadamente 1,5 Km de extensão, 300 m de largura e 35 m acima do nível do mar.
- Ilha Sueste - É a segunda maior ilha do arquipélago, possui esse nome devido a sua localização. Mede aproximadamente 500 m de extensão, 200 m de largura e 15 m acima do nível do mar, sendo a ilha que se encontra mais afastada do arquipélago.
- Ilha Redonda - Mede aproximadamente 400 m de diâmetro por 36 m de altura, sendo que a parte elevada possui forma arredondada, e a parte inferior arenosa, prolonga-se em direção a ilha Siriba.
- Ilha Siriba - Possui aproximadamente 300 m de extensão por 100 m de largura e 16 m acima do nível do mar. É a única ilha do arquipélago em que são permitidos o desembarque e a visita por parte dos turistas.
- Ilha Guarita - Localizada 250 m ao norte da ilha Santa Bárbara, é a menor de todas as ilhas do arquipélago, possuindo apenas 100 m de extensão e 13 m acima do nível do mar.

Com base no mergulho estrutural apresentado pelas ilhas, interpreta-se a Ilha Sueste como a mais antiga, além de ser composta essencialmente por rochas vulcânicas. A Ilha Siriba, constituída por sedimentos na porção basal e basaltos colunares na porção emersa, seria de idade intermediária. As Ilhas de Santa Bárbara e Redonda, portanto, são as mais jovens.



Figura 5 - Foto aérea mostrando a disposição das ilhas no arquipélago.

#### **1.4 – Metodologia de trabalho**

O entendimento da natureza e origem das rochas sedimentares no CVA envolveu procedimentos descritivos - imprescindíveis no estabelecimento do arranjo e da distribuição de diferentes aspectos das rochas sedimentares - e procedimentos interpretativos que visaram elucidar o ambiente em que se deu a sedimentação e suas condições de controle, tais como o clima e o relevo. Os procedimentos descritos contaram com a identificação dos diversos litotipos, bem como a determinação das suas geometrias e continuidades laterais. Acrescente-se a isso farta aquisição de registros fotográficos. No procedimento interpretativo, aplicou-se a analogia com modelos modernos observados diretamente na natureza ou frutos de experimentação ou teorias.

Os afloramentos no Arquipélago, de modo geral, apresentam boa extensão lateral, chegando a centenas de metros nas porções emersas das ilhas Santa Bárbara e Redonda (Figura 6). As facilidades de acesso ficaram na dependência exclusiva da localização específica do afloramento, estando, portanto,

subordinados às marés e suas amplitudes. Além disso, há outros dois aspectos que devem ser levados em consideração no que diz respeito a acesso aos afloramentos:

- As encostas íngrimes e, sobretudo,
- A flora, predominantemente formada por gramíneas, que abriga ninhadas de aves marinhas, rigidamente protegidas pelo IBAMA.

Sumarizando, os afloramentos estão bem preservados, apesar dos efeitos pátina criados não só pela intensa atividade biológica desenvolvida pela fauna residente, como também pela percolação e exsudação de águas meteóricas.

Os registros fotográficos supracitados foram obtidos tanto a partir do solo como também de embarcações, quando as condições de maré não permitiam o acesso normal. Até o momento não foram obtidas fotos aéreas nem imagens de satélite. Os fotomosaicos construídos tiveram como objetivo a melhor representação da realidade verificada em campo e, facilitar o entendimento dos processos para posterior interpretação.

Foram levantados 45 metros de seção na ilha de Santa Bárbara e 40 metros na ilha Redonda. No empilhamento destas seções foi utilizado o programa Anasete na escala de trabalho de 1:20.

A identificação das litofácies baseando-se nos fotomosaicos devidamente orientados tornou possível verificar as relações de contato entre as litofácies identificadas, as suas geometrias e continuidades laterais. Com base nesses dados, foi estabelecida uma hierarquização preliminar das superfícies de descontinuidades e gerada uma interpretação inicial dos elementos arquiteturais.



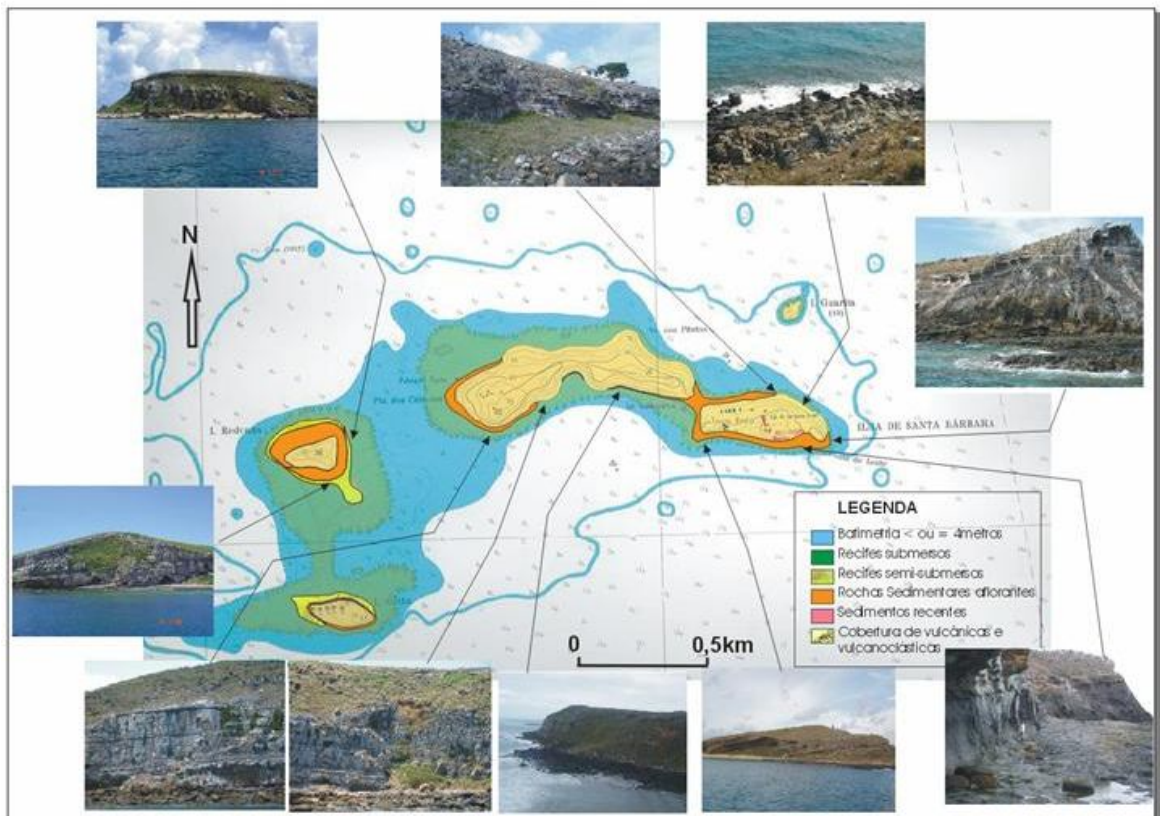


Figura 6 – Mapa com localização e imagens dos afloramentos no arquipélago de Abrolhos

## CAPITULO II: GEOLOGIA REGIONAL

### 2.1 – Contexto Geotectônico

As bacias marginais da costa brasileira implantaram-se como resposta aos esforços distensivos que geraram o rifteamento e separação do continente Africano e Sul-Americano e conseqüente formação do Oceano Atlântico (Figura 7). Apesar de estarem ligadas a um mesmo cenário evolutivo, cada uma destas bacias guarda suas peculiaridades em termos de registro sedimentar e desenvolvimento tectônico, em virtude de suas diferentes posições geográficas e das características de seus embasamentos.



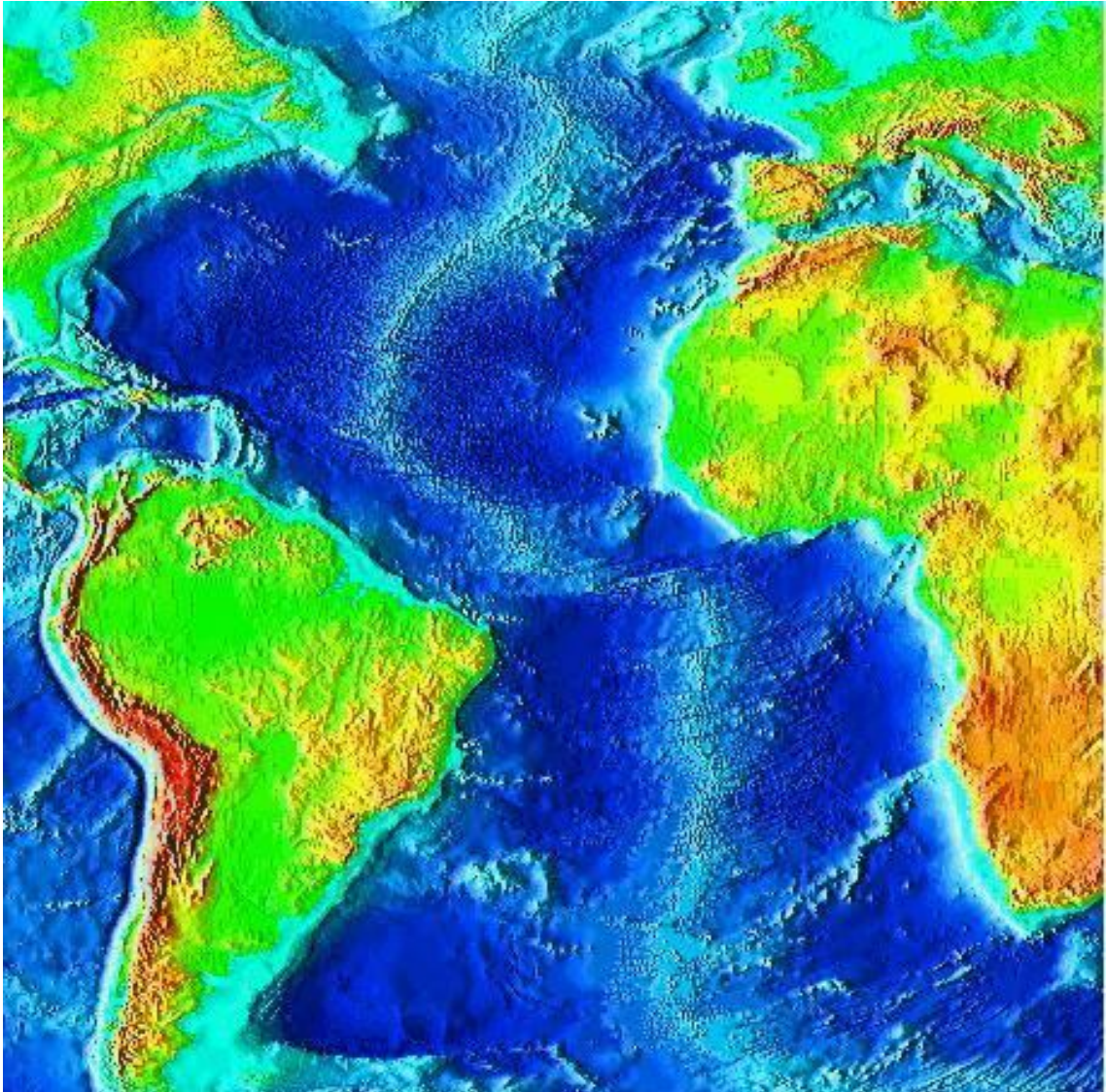


Figura 7 – Imagem mostrando costa leste brasileira e dorsal meso-oceânica.

A Bacia do Espírito Santo, por exemplo, estende-se na direção das bacias de Mucuri e Cumuruxatiba na região de Abrolhos. Nessa região ocorrem feições gravimétricas e magnéticas indicativas de intensa atividade vulcânica pós-rifte, que são expressas por notáveis feições geomorfológicas, sejam constituindo ilhas, ou mesmo zonas de fraturas oceânicas ou lineamentos que avançam na região intracontinental, como o Lineamento Vitória-Trindade, ao norte do qual ocorre o Banco Besnard (Figura 8).

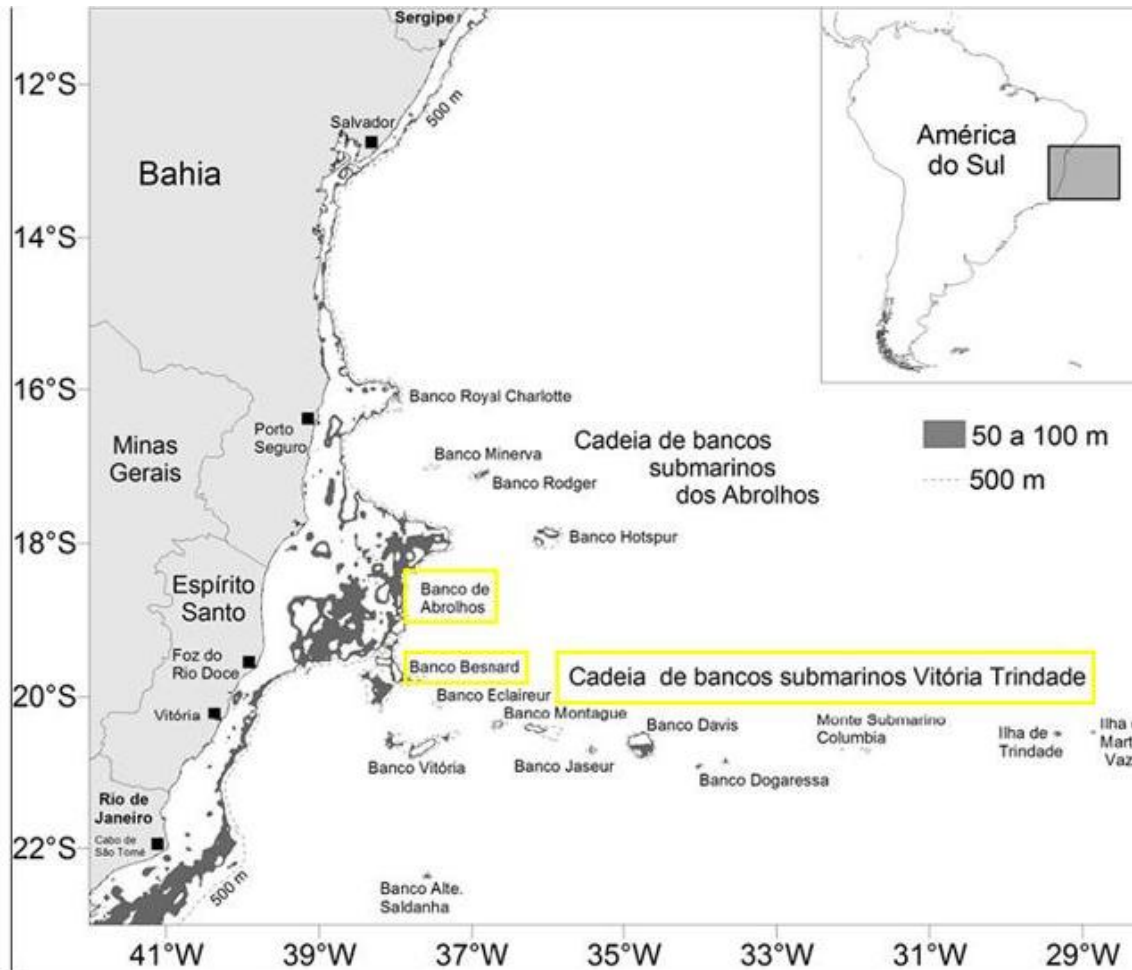


Figura 8 - Mapa de localização Banco de Abrolhos, Banco Besnard e Cadeia Vitória-Trindade (modificado de Martins *et al.* 2007).

### 2.1.1 – O Platô de Abrolhos

O Platô de Abrolhos representa um caso especial de magmatismo intracontinental na margem leste brasileira, em particular pela ocorrência de uma sequência vulcano-sedimentar na plataforma continental, em batimetrias bastante rasas (Cordani, 1970; Asmus *et al.*, 1971; Asmus, 1984; Almeida *et al.*, 1996). Constitui-se também no mais extenso complexo recifal do Oceano Atlântico Sul (Leão, 1999), abrangendo a plataforma carbonática e regiões com fundo de mar raso, formando os parcéis a leste da região de Caravelas (Mohriak, 2004).

Geologicamente, o Platô de Abrolhos é caracterizado por rochas vulcânicas intrusivas em sedimentos cretácicos e por uma sequência vulcano-sedimentar de idade Cretáceo Superior a Terciário Inferior (Cordani, 1970; Sobreira, 1996; Mizusaki *et al.*, 1998; Mizusaki *et al.*, 2002), constituindo-se num complexo insular na região do Arquipélago de Abrolhos. Essas ilhas apresentam uma singular

estrutura cuja origem tem sido atribuída à atividade vulcânica do Eoceno, através de um vulcanismo de conduto central em ambiente marinho e acumulado sobre plataforma continental estreita (Almeida *et al.*, 1995). Entretanto os poços perfurados em altos vulcânicos (estruturais) (exemplo SBST-1, ESS-4, etc) indicam uma associação litológica complexa que inclui rochas ígneas básicas de composição toleítica a alcalina, vulcanoclásticas e eventuais intercalações de rochas sedimentares. Com base em interpretações geoquímicas e de paleomagnetismo (Montes-Lauar, 1993), fluxo geotérmico (Miranda, 1995), feições ígneas (Sobreira, 1997) e atividade neotectônica (Sobreira, 1999) sugere-se que a plataforma de Abrolhos apresenta uma anomalia magmática com atividade desde o Cretáceo Superior até o Terciário, com importantes implicações para a exploração de hidrocarbonetos. Trabalhos mais recentes (Parsons *et al.*, 2001) sugerem que a plataforma de Abrolhos corresponde em grande parte a uma cobertura vulcânica sem fontes locais ou raízes mantélicas, recobrimdo uma sequência sedimentar mais antiga, depositada sem grandes influências de magmatismo. Análises recentes sugerem que o soerguimento das ilhas também poderia ter origem tectônica.

O mapa de batimetria de Abrolhos (Figura 9) mostra que a extensa plataforma entre os lineamentos de Vitória-Trindade ao sul e Royal Charlotte ao norte apresenta um forte declive nas bordas, separando a região de Abrolhos das regiões adjacentes tanto a sul como a norte e a leste, particularmente na região a sul da Bacia do Espírito Santo (Platô de Abrolhos), onde as curvas de batimetria alcançam a cota de -2000 metros a menos de 80 km da costa. Também na região ao norte do platô, adentrando-se a bacia de Cumuruxatiba, ocorre um forte gradiente de batimetria, formando-se uma notável reentrância batimétrica também caracterizada nos mapas de métodos potenciais (Figuras 10 e 11 respectivamente).

A plataforma de Abrolhos é extremamente rasa, com menos de 200 metros de lamina d'água até uma distância de quase 200 km da costa. Na região do Parcel das Paredes e no Parcel de Abrolhos ocorrem altos recifais ou afloramentos de rochas sedimentares (Leão, 1999).



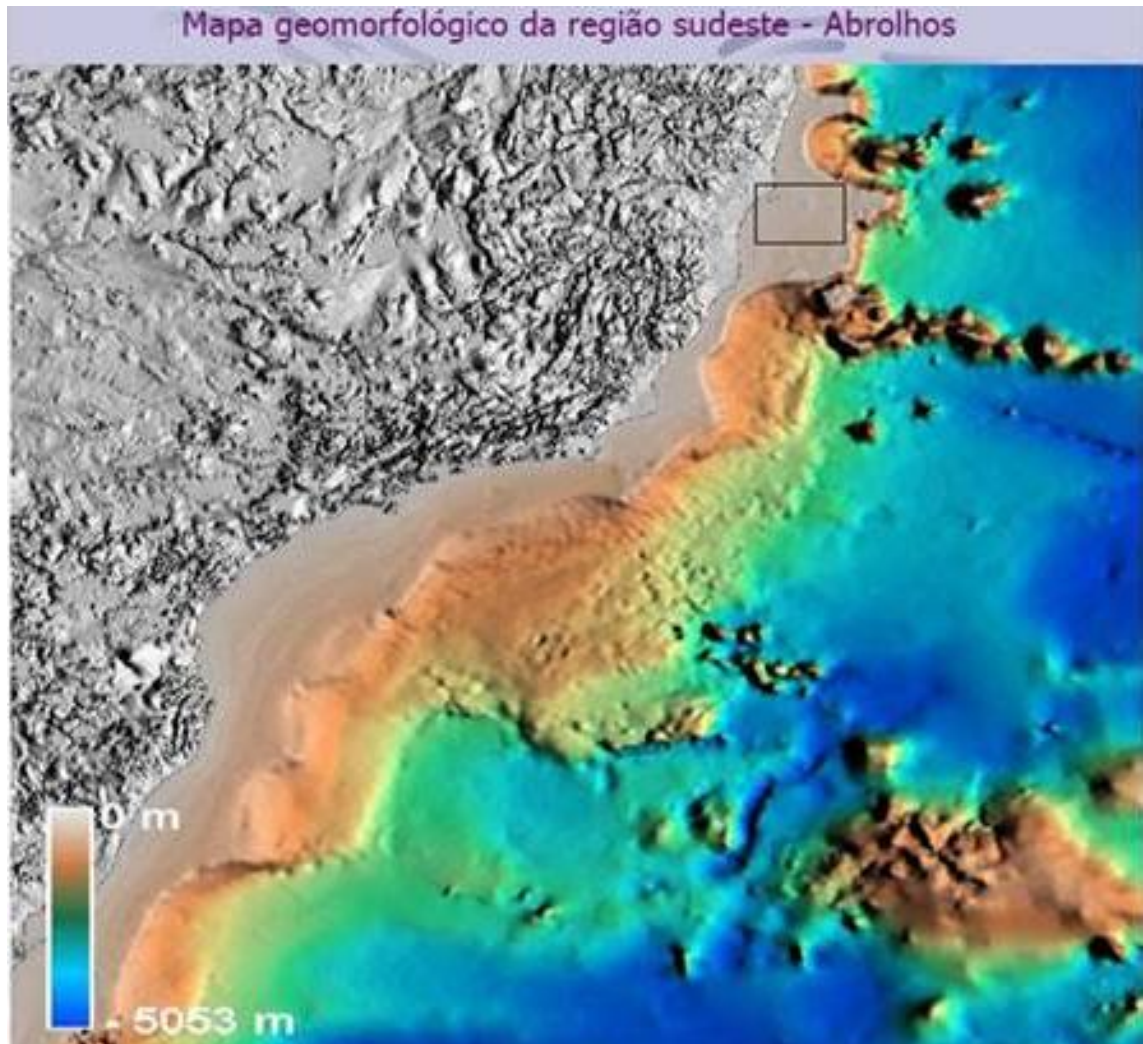


Figura 9 – Mapa geomorfológico/batimétrico da região de Abrolhos (Mohriak, 2002).

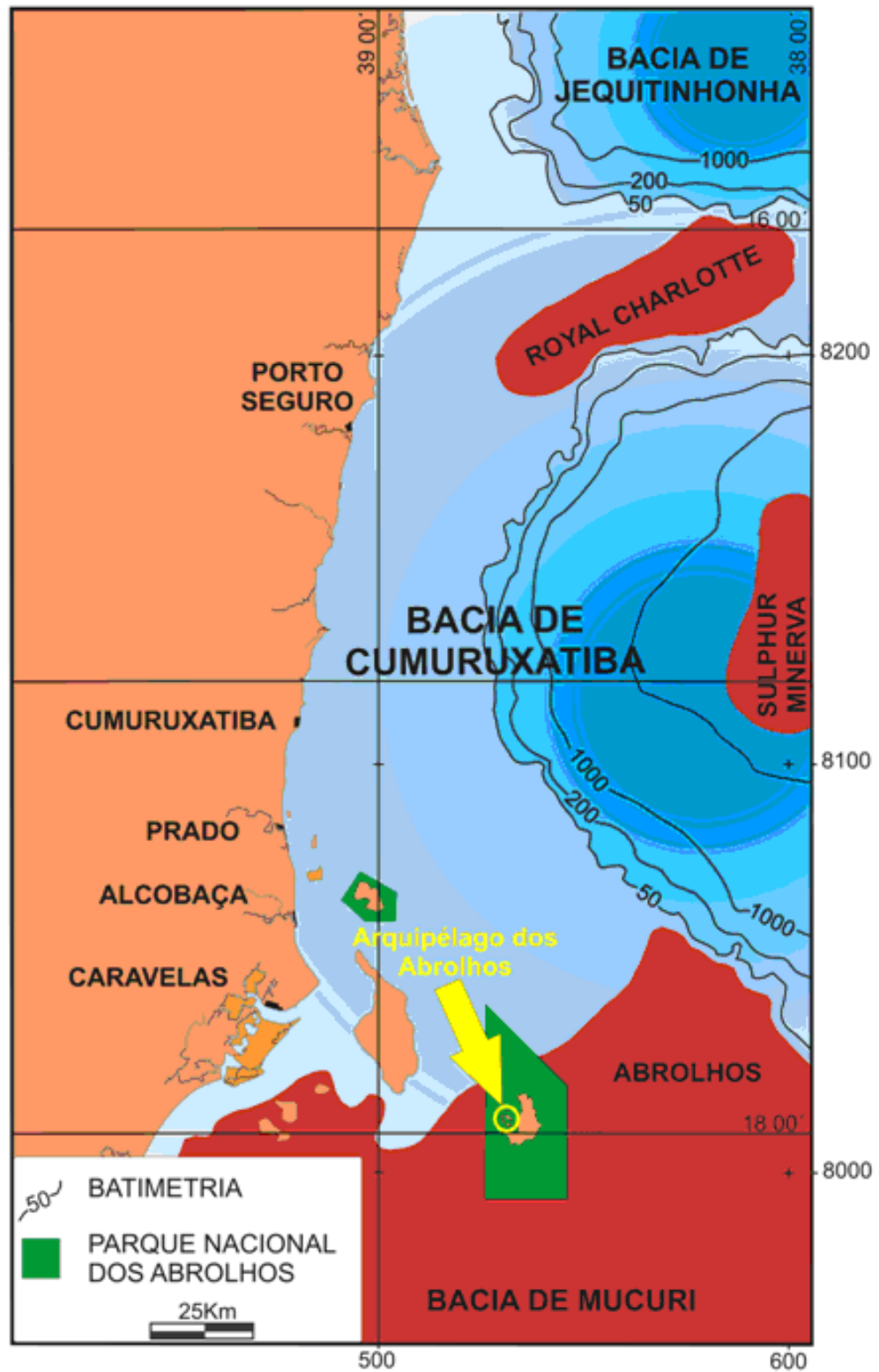


Figura 10 – Mapa batimétrico bacias de Cumuruxatiba e Jequitinhonha (modif. de Rodvalho *et al.*, 2003)

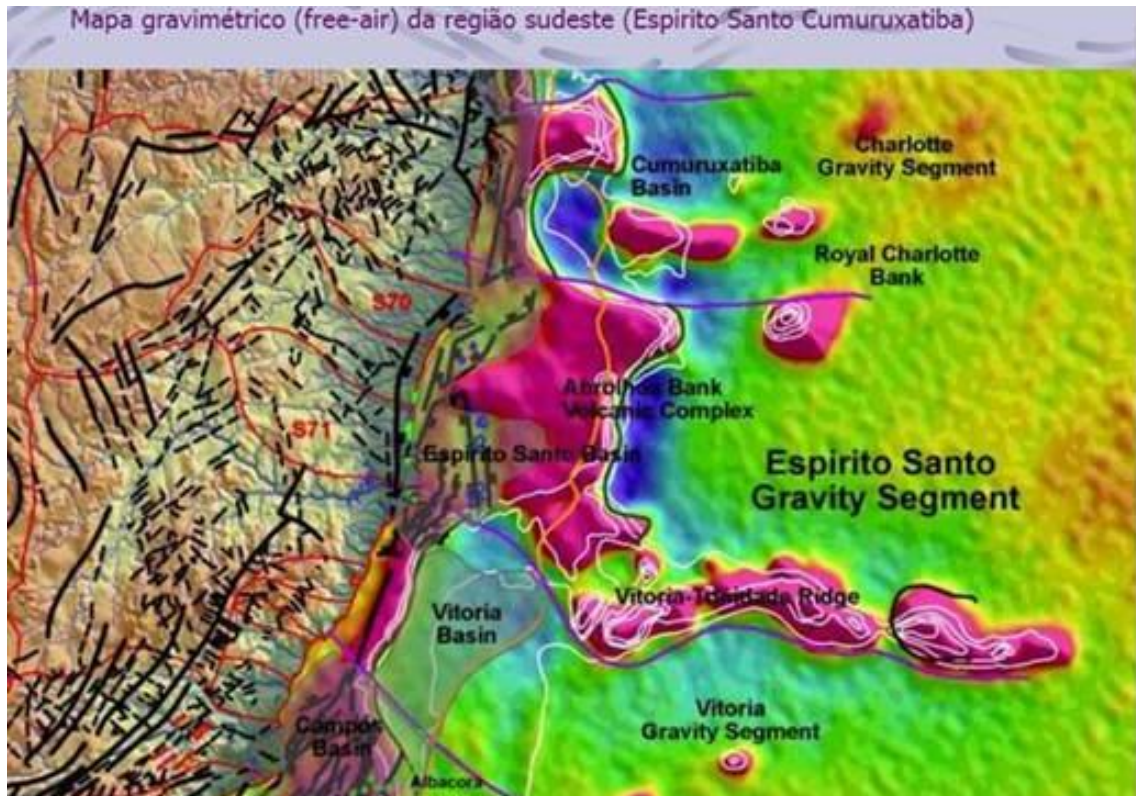


Figura 11 - Mapa gravimétrico da região de Abrolhos (Mohriak, 2002).

A causa dessa feição anômala em escala regional tem sido estudada por diversos pesquisadores, mas ainda não há uma explicação definitiva. A maior parte dos trabalhos realizados na área, de cunho petrográfico (exemplo, Asmus, 1984), destaca a ocorrência de rochas ígneas como as que formam as outras ilhas da região oceânica.

A figura 12 mostra um modelo apresentado por Fodor *et al.*, (1989) no qual é indicada uma interpretação de ilhas vulcânicas com sedimentos abaixo dos cones vulcânicos, com uma acumulação de material magmático (picritos) na base da crosta (Mohriak, 2004).



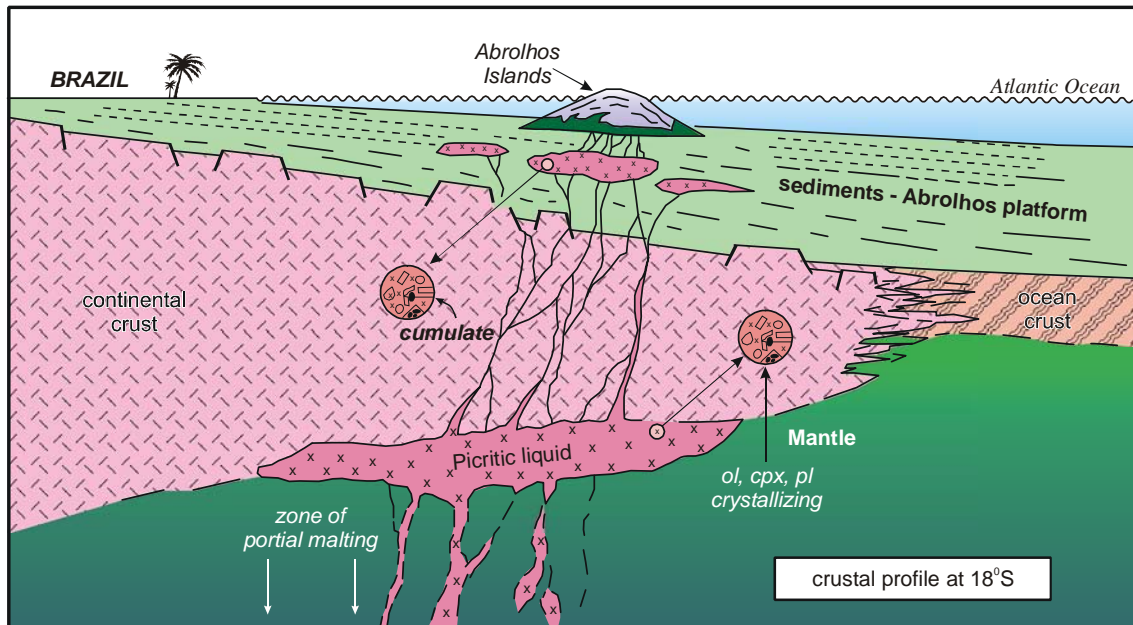


Figura 12 - Modelo de Fodor, 1989.

Trabalhos publicados recentemente (Sobreira e Szatmari, 2001; Sobreira e Szatmari, 2002; Mizusaki *et al.*, 2002) indicam que as rochas vulcânicas tanto no Platô de Abrolhos quanto no Platô de Royal Charlotte apresentam idade paleocênica-eocênica (65-45 Ma), obtidas através de datação K-Ar e Ar-Ar. Essas rochas são encobertas por carbonatos pós-eocênicos de água rasa; questiona-se, no entanto, se o evento magmático é efetivamente o principal formador dessa feição rasa (que chega a aflorar em Abrolhos), uma vez que vulcanismo dessa mesma idade também ocorre na região de Cabo Frio e outras áreas da margem continental, com características inteiramente diferentes.

As interpretações feitas por Van der Ven (1988) e também por Mohriak *et al.*, (2003), sob o ponto de vista da tectônica e da sismoestratigrafia, mostram que o soerguimento das ilhas é posterior a formação das camadas vulcânicas. Ainda segundo estes mesmos autores o fenômeno seria formado por forças tectônicas compressivas, incluindo também a tectônica do sal, afetando as camadas sedimentares e criando discordâncias angulares até o Neógeno.

## 2.2 – Contexto Estratigráfico

### 2.2.1 – Evolução Tectono-Sedimentar

Em termos de evolução tectônica, as bacias da margem continental brasileira podem ser divididas em bacias da margem equatorial norte, formadas em regime tectônico transcorrente e bacias da margem leste (a exemplo da Bacia do Espírito Santo), essencialmente extensionais. A evolução das bacias extensionais pode ser sintetizada em quatro fases: pré-rift, rift, proto-oceano e marinho, de acordo com Asmus *et al* (1972). Vieira (1998) divide a evolução destas bacias três estágios: Rift, Transicional e Marinho.

- Estágio Rift

À época da implantação do rift, o estiramento crustal foi responsável pelo desenvolvimento de sistemas de falhas normais de direção N-S a N20°E (Biassusi, 1996). Nesta fase (Neocomiano ao Eoaptiano) a sedimentação foi francamente continental, com predominância de clásticos grossos de sistemas aluvial e fluvial entrelaçado. Simultaneamente ocorrem folhelhos e carbonatos de ambiente lacustre, depositados nos lagos profundos gerados durante a grande subsidência por estiramento e abatimento e blocos. Na Bacia do Espírito Santo a Formação Cricaré representa esta unidade na estratigrafia formal.

- Estágio Transicional

No Estágio Transicional (Neoaptiano), na porção basal, tem início a deposição de sedimentos clásticos grossos num ambiente fluvio-estuarino e folhelhos de laguna com influência marinha progressiva. Na porção intermediária ocorrem os depósitos evaporíticos do Membro Itaúnas. Para o topo da unidade se estabelecem condições marinhas progressivamente menos restritas, segundo Tagliari (1993) *apud* Biassusi (1996).

- Estágio Marinho

No estágio marinho, no Albiano, ocorre o rompimento total entre os continentes e a Bacia do Espírito Santo adquire condição marinha franca. A partir desta idade a bacia evolui para uma situação de subsidência com flexurização crustal gerando o basculamento para leste que causou o escorregamento da seção



de sais solúveis depositada no estágio anterior (Carvalho *et al*, 1989 *apud* Felix, 2000).

Segundo Vieira *et al* (1992) *apud* Félix (2000), este estágio pode ser dividido em tres fases: Plataforma rasa , de idade Albiana (correspondente ao Grupo Barra Nova); Fase Transgressiva (correspondente a instalação dos *paleocanyons* de Regência e Fazenda Cedro); Fase Regressiva iniciada no Eoceno Médio (correspondente as formações Urucutuca, Caravelas e Rio Doce). A Formação Abrolhos, detalhada mais adiante, encontra-se intercalada as formações Urucutuca e Caravelas.

### **2.2.2 – A Formação Urucutuca**

A Formação Urucutuca retrata uma efetiva retrogradação da linha de costa, que teria se iniciado no Cenomaniano e se estendido até o final do Paleoceno. Durante o Senoniano, em ambiente abissal, num contexto de nível de mar alto, passa a dominar uma sedimentação composta predominantemente por pelitos. Depósitos arenosos gerados por fluxos gravitacionais relacionados a rebaixamentos eustáticos preenchem pequenas calhas e vales incisos, principalmente, em seções do Neosantoniano ao Eomaastrichtiano e do Eopaleoceno ao Eoeoceno.

### **2.2.3 – A Formação Abrolhos**

O Neopaleoceno e o Eoeoceno foram marcados por intensos tectonismo e vulcanismo, responsáveis pela reativação de falhas normais e reversas e pela geração de falhas de empurrão. As rochas vulcânicas desse período (diabásios, basaltos e hialoclastitos) pertencem a Formação Abrolhos.

A Formação Abrolhos é caracterizada por uma complexa associação de rochas. As primeiras descrições dos afloramentos no Arquipélago de Abrolhos remontam ao século passado quando Hartt (1870) descreveu uma sequência de arenitos, folhelhos e calcários e denominou-a de “camada dos Abrolhos”. Posteriormente, esta mesma sequência de sedimentos foi denominada de “Formação Abrolhos” por Oliveira e Leonardos (1943).

As primeiras datações em Abrolhos foram realizadas por Hartt (*op. cit.*), que atribuiu idade cretácea superior, interpretando restos vegetais contidos nas rochas sedimentares.

Cordani e Blazekovic (1970) esboçaram um mapa geológico do arquipélago quando subdividiram litoestratigraficamente a sequência de rochas analisadas em basaltos de granulação submilimétrica, basaltos de granulação milimétrica e sedimentos. As rochas ígneas, extrusivas e intrusivas, foram denominadas de Membro Santa Bárbara intercalados em sedimentos da Formação Abrolhos.

A proposta de Asmus *et al* (1971) para redefinir a formação constava da inclusão de todo o intervalo de vulcânicas, intrusivas e sedimentos associados, desde que a relação entre ígneas e sedimentares fosse maior que um (1). Manteve-se a denominação de Membro Santa Bárbara para os estratos constituídos inteira e unicamente de basaltos. Contudo, neste mesmo trabalho, em razão das dificuldades de mapeamento e caracterização, a nível regional, foi proposto o abandono do termo Membro Santa Bárbara.

A seção-tipo mostrada na figura 13 é aquela originalmente descrita por Hartt *op. cit.*, e para seção de referência é mantida a proposta de Asmus *op. cit.*, abrangendo o intervalo de 25 a 1398 metros do poço 2-SBST-1-BA.

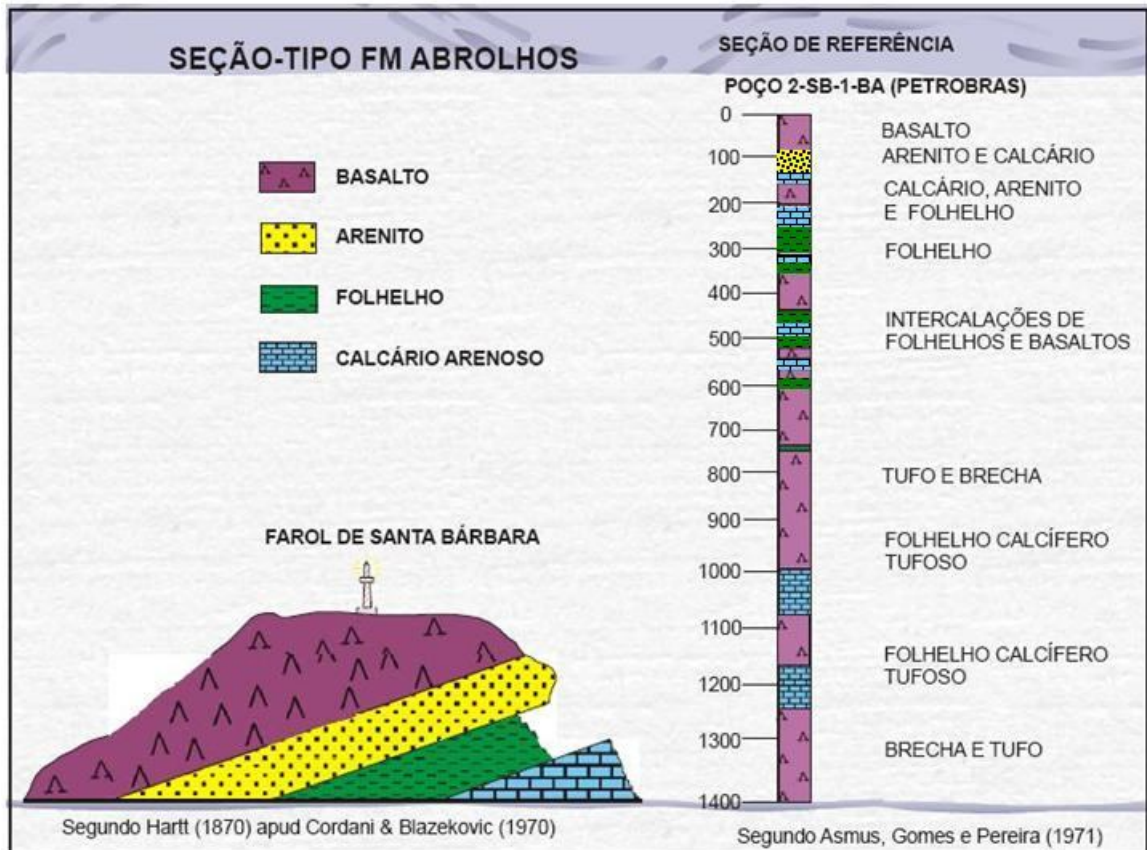


Figura 13 – Seção-tipo e seção de referência da Fm. Abrolhos.

Apesar de ser pequeno o número de poços perfurados na região do CVA, e de, em muitos deles, a Fm. Abrolhos não ter sido totalmente atravessada, é possível se vislumbrar a variação petrográfica e de espessura das rochas pertencentes a esta unidade. A espessura acumulada de rochas ígneas, variável, chega a ultrapassar 1000 metros (como no caso dos poços 1-ESS-4 e 2-SBST-1-BA).

Conforme descrições de afloramentos e do constatado nos poços estratigráficos 2-SBST-1-BA (Bacia de Mucuri), e nos poços de mar (1-ESS-4, 1-ESS-9 e 1-ESS-72), a Formação Abrolhos é constituída por um complexo de basaltos, diabásios, tufos, brechas vulcânicas, material piroclástico e sedimentos intercalados associados. Esses sedimentos intercalados são geralmente os calcários da Formação Caravelas e os folhelhos da Formação Urucutuca.

## 2.2.4 – A Distribuição das Rochas Ígneas

Conceição *et al.* (1994) sugerem uma distribuição de rochas ígneas segundo três litofácies, a partir do conduto alimentador central, compondo um edifício vulcânico:

- **litofácies de cone** (relacionadas aos dutos alimentadores do magmatismo), contendo basalto, diabásio, brecha vulcânica/vulcano-sedimentar e tufo), sujeita a eventual exposição/erosão subaérea;
- **litofácies proximal** contendo basalto e hialoclastito e;
- **litofácies distal** contendo brechas vítreas e vulcano-sedimentares, que formam uma espécie de “tálus” do edifício vulcânico.

## 2.3 – Contexto geomorfológico dos afloramentos da Ilha de Santa Bárbara

### 2.3.1 – Terraços de Abrasão

São áreas de exposição de rochas com ampla distribuição lateral e vertical, que resultam do processo de recuo erosivo de falésias, devido à intermitente ação abrasiva das ondas. Apesar de estarem relacionados a eventos ocorridos em época recente, os terraços de abrasão facilitam os acessos aos afloramentos bem como o entendimento dos processos relativos à neotectônica, uma vez que, geralmente, as camadas expostas encontram-se basculadas. A preservação destes terraços pela simples cessação dos movimentos das ondas sobre os sedimentos e também pelo desenvolvimento de praia com ou sem a implantação de vegetação.

Estes terraços, identificados principalmente na ilha de Santa Bárbara (figuras 14 a 18) mostram que houve variações de alta frequência em relação ao nível do mar que possivelmente caiu mais rapidamente. Com esta queda do nível relativo do mar, as rochas não sofreram os efeitos erosivos causados pelas ondas. Com estes terraços pode-se inferir também que o nível relativo do mar esteve mais alto que o atual em, pelo menos, 1,0 metro. Tanto na parte sul como na parte norte da ilha de Santa Bárbara os terraços de abrasão estão a mais de 1,5 metros acima do nível da maré alta atual (figuras 15 a 16), impondo um recuo de cerca de 20

metros na linha de falésia (figuras 17 e 18). As figuras 19 e 20 mostram terraços de abrasão na Ilha Redonda.

Os terraços de abrasão em Abrolhos podem indicar três possibilidades:

- O arquipélago sofreu elevação através da neotectônica;
- O nível do mar sofreu rebaixamento;
- Ou houve elevação de ambos, com maior taxa de soerguimento tectônico.



Figura 14 - Terraço de abrasão – costa Leste da Ilha Santa Bárbara





Figura 15 – Terraço de abrasão – costa Leste/Sudeste da Ilha Santa Bárbara



Figura 16 – Terraço de abrasão – costa Sudeste da Ilha Santa Bárbara.





Figura 17 – Terraço de abrasão – costa Sul da Ilha Santa Bárbara.



Figura 18 – Terraço de abrasão – costa Norte da Ilha Santa Bárbara





Figura 19 – Terraço de abrasão – costa Leste da Ilha Redonda



Figura 20 – Terraço de abrasão – costa Oeste da Ilha Redonda



## CAPITULO III – TRABALHOS ANTERIORES

À exceção do trabalho de Hartt (1870), poucos foram os trabalhos anteriormente realizados no arquipélago de Abrolhos, no âmbito da sedimentologia e da estratigrafia, voltados para rochas siliciclásticas.

Os trabalhos de Mohriak (2002 e 2003) foram os primeiros estudos realizados integrando o mapeamento geológico das ilhas com a análise estratigráfica da seção sedimentar aflorante e a análise petrográfica das rochas.

### **3.1 – Mohriak et al (2002)**

Neste trabalho, diversas hipóteses foram levantadas a partir das discussões de campo, destacando-se os seguintes aspectos sedimentológicos e estruturais:

- A sequência basáltica fortemente ligada à sequência sedimentar, provavelmente turbidítica, com todo o conjunto apresentando o mesmo mergulho para norte-noroeste.
- O ambiente estrutural é compressivo, caracterizado por falhas transpressionais e dobramento suave generalizado.
- É difícil afirmar se a ilha corresponde a um corpo subvulcânico, como uma soleira ou um lacólito, ou a um derrame extrusivo.
- São fracas as evidências de contato intrusivo entre corpos ígneos e sedimentos (exemplo, *chilled margins*).
- A alteração hidrotermal tardia é muito forte, talvez devido à presença de água nos sedimentos, conforme evidenciado nas feições de campo.

### **3.2 – Mohriak et al (2003)**

Em Mohriak et al (2003), não só foram corroboradas algumas hipóteses anteriormente levantadas, como também foram destacados outros aspectos sedimentológicos e estruturais no CVA:

- Na parte superior da Ilha Santa Bárbara ocorrem rochas de textura mais grossas interpretadas como cumulado. Ocorre também um colúvio

com blocos de basalto indicando um soerguimento relativamente recente da ilha.

- A sequência sedimentar arenosa provavelmente corresponde a turbiditos ou hiperpicnitos com preenchimento por arenitos e conglomerados, com capacidade de transporte desde grãos até calhaus.
- Ocorrem feições erosivas indicando canais, com arenitos finos a médios abaixo e acima desses canais.
- A baixa diversidade dos traços fósseis indica ambiente hostil para proliferação de espécies, sugerindo a predominância de um mesmo organismo na época da deposição sedimentar.
- As vulcânicas aflorantes na Ilha Santa Bárbara apresentam composição toleítica e idades terciárias (Eoceno Inferior a Eoceno médio/Superior) por datação Ar-Ar.
- A sequência vulcano sedimentar da Formação Abrolhos constitui-se no único análogo de vulcanismo do Eoceno aflorante em bacia sedimentar da margem continental leste brasileira, em associação com sedimentos marinhos, provavelmente também do Terciário.

### **3.3 – Souza Cruz (2006)**

Em Souza Cruz (2006), são apresentados alguns comentários a partir de breves levantamentos de seções realizadas nas ilhas de Santa Bárbara e Redonda, com objetivo de estudar a seção vulcano-sedimentar paleogênica aflorante na costa sul do estado da Bahia, no segmento das bacias de Cumuruxatiba e Mucuri. Entre os aspectos abordados destacam-se:

- A partir dos levantamentos das seções realizadas nas ilhas de Santa Bárbara e Redonda foram reconhecidos espessos pacotes de arenitos/conglomerados, em que se destacam grandes blocos e matações de rochas sedimentares, formados predominantemente por fluxos gravitacionais de alta densidade (turbiditos?) e que podem constituir bons reservatórios de petróleo.

- A associação faciológica destes com fácies heterolíticas (folhelho, siltito, arenito) com intervalos bioturbados (*Ophiomorpha/Thalassinoides*), sugerem uma deposição em ambiente de plataforma externa/talude superior.
- Estas rochas estão cortadas por diques de diabásio e se intercalam na base e no topo da seção com basaltos formados por extrusão ou intrusão rasa.
- O topo da ilha de Santa Bárbara, assim como alguns terraços de abrasão estão ocupados por tálus ou colúvio com blocos e matações de basaltos e arenitos cimentados, provenientes da erosão recente da ilha.
- A análise petrológica dos arenitos da Ilha de Santa Bárbara mostra duas áreas de proveniência: uma fonte mais regional para os arenitos compostos por feldspatos (K-fld e plagioclásios), fragmentos de rochas vulcânicas intermediárias/alcalinas? (arcósios líticos) com boa seleção, pertencentes ao pacote de arenitos finos/médios intercalados com os heterolitos, e outra fonte mais local, associada ao vulcanismo contemporâneo, para os arenitos grossos a conglomeráticos, mal selecionados, compostos por fragmentos de rochas vulcânicas básicas, pertencentes ao pacote de arenitos maciços/fluidizados.
- Os feldspatos e os fragmentos de rochas vulcânicas (FRV) mostram evidências de intensa compactação e moderada a forte albitização, o que sugere um elevado grau de soterramento e albitização devido à hidrotermalismo durante o magmatismo sobrejacente. Os arenitos mostram porosidade intergranular primária reduzida por cimentação de quartzo e feldspatos e porosidade secundária resultante da dissolução de grãos.

Como conclusão, foi sugerida uma analogia entre os depósitos arenosos aflorantes em Abrolhos e o Campo de Papa-Terra na Bacia de Campos (RJ), considerando que ambos foram depositados por fluxos gravitacionais no que diz respeito aos processos e ambientes deposicionais. Porém, chama a atenção no quesito qualidade de reservatório: a excelente qualidade dos reservatórios do Campo de Papa-Terra não condiz com a má qualidade de reservatório dos arenitos

de Abrolhos e nem com a diagênese do mesmo. No Campo de Papa-Terra, os arenitos desprovidos de vulcanoclástos, sugerem que para estes eventos, apesar de contemporâneos com o vulcanismo, a proveniência das areias não estava ligada à fonte de rochas vulcânicas, como ocorreu em Abrolhos.

## **CAPITULO IV – ANÁLISE FACIOLÓGICA**

### **4.1 – Litofácies**

#### **4.1.1 – Siltitos com ripples/Arenitos finos com ripples (Srp)**

É constituída por rochas de natureza heterolítica com espessura média de 2 metros, compostas por interacamadados centimétricos a decimétricos de siltitos e arenitos finos, quartzosos, cuja coloração varia desde o amarelo pálido até o castanho alaranjado (Figura 21). Texturalmente, essas rochas são bem selecionadas, apresentam-se cimentadas e exibem *climb in b ripples* (paleocorrentes ora para leste, vide figura 22, ora para oeste, vide figura 23). Localmente são observadas ondulações intercaladas.



Figura 21 - Litofácies Srp.



Figura 22 – Detalhe paleocorrentes (sentido de oeste para leste) na litofácies Srp.





Figura 23 – Detalhe paleocorrentes (sentido de leste para oeste) na litofácies Srp.

Os contatos entre as camadas são geralmente abruptos, o empilhamento apresenta sutil padrão estratocrescente ascendente (*thickening-up*), a feição granulométrica geral é levemente granocrescente ascendente (*coarsening-up*), e a geometria é tabular. Os ichnofósseis presentes de maneira constante, embora dispersa, ocorrem sob a forma de escavações (*burrows*) horizontais típicas dos ichnogêneros *Thalassinoides* e *Ophiomorpha*.

Na costa oeste da Ilha de Santa Bárbara e na costa sudeste da Ilha Redonda constata-se a presença de uma camada de siltito, cor bege, com geometria tabular, com *climbing ripples*, ondulações intercaladas, espessura variando entre 35 e 50 cm e com intensa bioturbação (*Planolites*) na porção basal-mediana. Esta camada, denominada “siltito bioturbado” (Figuras 24 e 25), apresenta excelente continuidade lateral e torna-se mais arenosa da porção mediana para o topo.



Figura 24 – Camada denominada “Siltito Bioturbado”





Figura 25 – Detalhe da camada “Siltito Bioturbado”

**Interpretação** – Migração e cavalgamento de marcas onduladas, por intermédio de correntes trativas unidirecionais que desaceleram. Estas correntes são desenvolvidas em regime de fluxo inferior. As ondulações constatadas internamente possivelmente são resultantes da ação de eventuais ondas de tempestades retrabalhando os topos das camadas.

#### 4.1.2 – Pelito com estruturas de escorregamentos e de carga (Psi)

Trata-se de uma camada de composição essencialmente argilo-siltosa, de cor cinza, com feições de deformação e carga (*load structures*). A espessura desta litofácies varia entre 2,0 e 5,0 metros e a geometria é predominantemente tabular (Figura 26). As indicações de deformação por carga (Figura 27) ocorrem sob a forma de finas camadas arenosas indicando perturbação em seu alinhamento e feições trativas contorcidas (Figura 28). Há também feições sugestivas de dobramentos (Figura 29). Fragmentos centimétricos de carvão (Figura 30) ocorrem próximo à base e na porção mediana da litofácies, de forma dispersa e também como delgadas lentes alongadas e deformadas respectivamente. O contato com a



litofácies seguinte varia localmente de gradacional para abrupto (Figura 31). Até o presente momento, não foram identificados ichnofósseis.



Figura 26 – Foto panorâmica ressaltando a espessura da litofácies Psl.





Figura 27 – Litofácies Psl – “load structures”



Figura 28 – Litofácies Psl – feições de escorregamentos.





Figura 29 – Litofácies Psl - Lente arenosa deformada possivelmente por tectonismo.



Figura 30 – Litofácies Psl - Fragmento de carvão contorcido.





Figura 31 – Contato do topo da litofácies Psl (ondulações) e *ripples* da litofácies sobreposta.

**Interpretação** – De acordo com as estruturas que apresenta, essa litofácies reflete constantes flutuações de energia. Estão registradas alternâncias entre períodos de deposição de sedimentos finos (silte arenoso) por tração (correntes e ondas) e de deposição por decantação. A ausência de estruturas biogênicas (ichnofósseis) remete a uma alta taxa de deposição ou mesmo condições ambientais estressantes, do ponto de vista da salinidade, por exemplo. As deformações nas estruturas relacionadas a carga decorrem da fluidização induzida pela carga dos arenitos podendo também resultar de processos ligados a escorregamentos tendo em vista o estado plástico dos sedimentos. Independentemente dos escorregamentos, poucas feições indicativas de processos deposicionais primários (tração e decantação) foram constatadas ou não foram preservadas devido ao intenso grau de fraturamento e relativo intemperismo.

#### 4.1.3 – Pelito laminado (bioturbado) (Pla)

Litofácies constituída localmente por um folhelho de cor verde claro, siltoso, com espessura variando entre 15 e 18 centímetros, laminado, topo levemente ondulado, boa continuidade lateral, contatos abruptos, além de intensamente bioturbado (*Chondrites*) (Figura 32). Esta litofacies foi constatada também na cor preta, intercalada a interacamadados de siltitos e arenitos finos, com espessura variando de 1,0 a 2,5 centímetros, bioturbadas (*Schaubcilindrichnus*) (Figura 33). Estes padrões de ocorrência desta litofácies estão bem definidos respectivamente nos afloramentos do ponto de desembarque sul e na porção leste da ilha de Santa Bárbara, podendo ser rastreados por uma a duas dezenas de metros.



Figura 32 – Detalhe litofácies Pla (cor verde) com bioturbações (*Chondrites*).



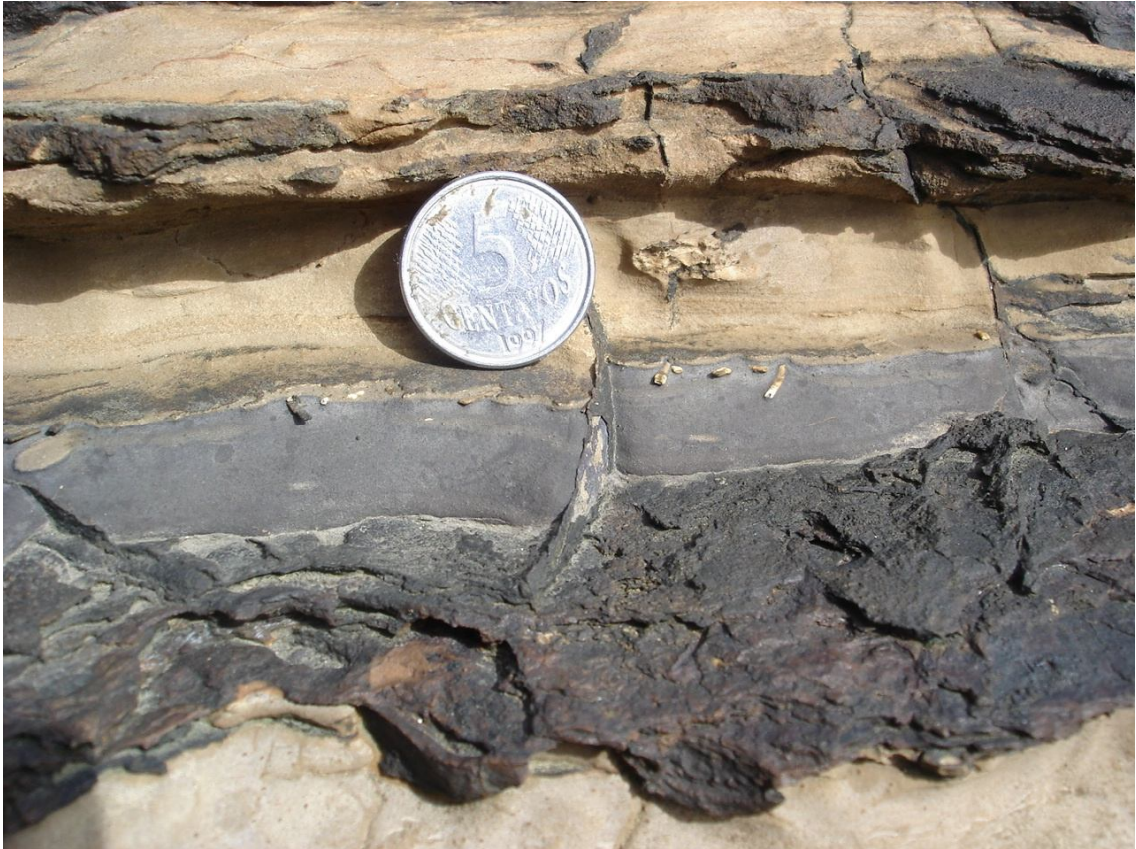


Figura 33 – Detalhe litofácies Pla (cor preta) com bioturbações (*Schaubcilindrichnus*).

**Interpretação** – A litofácies reflete o caráter deposicional predominante de carga em suspensão, enquanto que o processo principal é marcado por decantação em ambiente de baixa energia. As ondulações no topo podem estar relacionadas a ação de correntes trativas promovidas por ondas de tempestades que se desaceleram.

No caso dos pelitos pretos, a deposição pode estar relacionada a período de baixa taxa de sedimentação tendo a cor preta como indicativa de alta concentração de matéria orgânica, possivelmente associada a sedimentação pelágica / hemipelágica. Também não é descartada a hipótese de cinza vulcânica (tufo).

#### **4.1.4 – Pelito maciço (localmente com fragmentos vegetais) (Pma)**

Trata-se de litofácies pelítica de cor cinza escura a preta (siltito muito argiloso), maciça, com grande extensão lateral e contatos abruptos. Apresenta intenso fraturamento e espessura variando entre 70 e 85 cm. Nesta camada foram encontrados, localmente, grandes quantidades de fragmentos vegetais

particularmente no afloramento em frente ao ponto de desembarque sul (Figura 34). Ao longo da camada – num caminamento para sudeste - esses fragmentos tornam-se menos abundantes, chegando mesmo a desaparecer no afloramento próximo da intrusão abaixo do farol. Importante ressaltar que, até o momento, nesta rocha, não se tem informações em caráter definitivo sobre datação a partir de dados de paleontologia. Registros de ichnofósseis, até o momento, não foram encontrados. O topo desta litofácies está em contato abrupto com fácies compostas por arenitos grossos (AGma).

**Interpretação** – A litofácies é resultante da deposição de sedimentos finos por decantação em ambiente subaquoso, A preservação dos fragmentos vegetais (Figuras 31 e 32) e a ausência de bioturbação sugerem um ambiente redutor.



Figura 34 – Litofácies Pma em contato com fácies heterolíticas





Figura 35 – Detalhe litofácies Pma – restos vegetais.



Figura 36 – Detalhe litofácies Pma – restos vegetais.



#### 4.1.5 – Arenitos finos a médios com fluidizações (AFfd)

Camada de **arenito fino**, de cor bege a amarelada, com geometria tabular, base erosiva, espessura em torno de 1,0 metro e lateralmente descontínuo. Apresenta gradação normal e estruturas de **escape de fluidos**, localizadas na porção mediana-basal. Na porção mediana a superior dessas camadas ocorrem estratificações plano paralelas e no topo, marcas onduladas assimétricas (Figura 37). Este padrão é muito similar a uma Sequência de Bouma incompleta (Reineck & Sing, 1975). Na figura 38 a Sequencia de Bouma ideal.

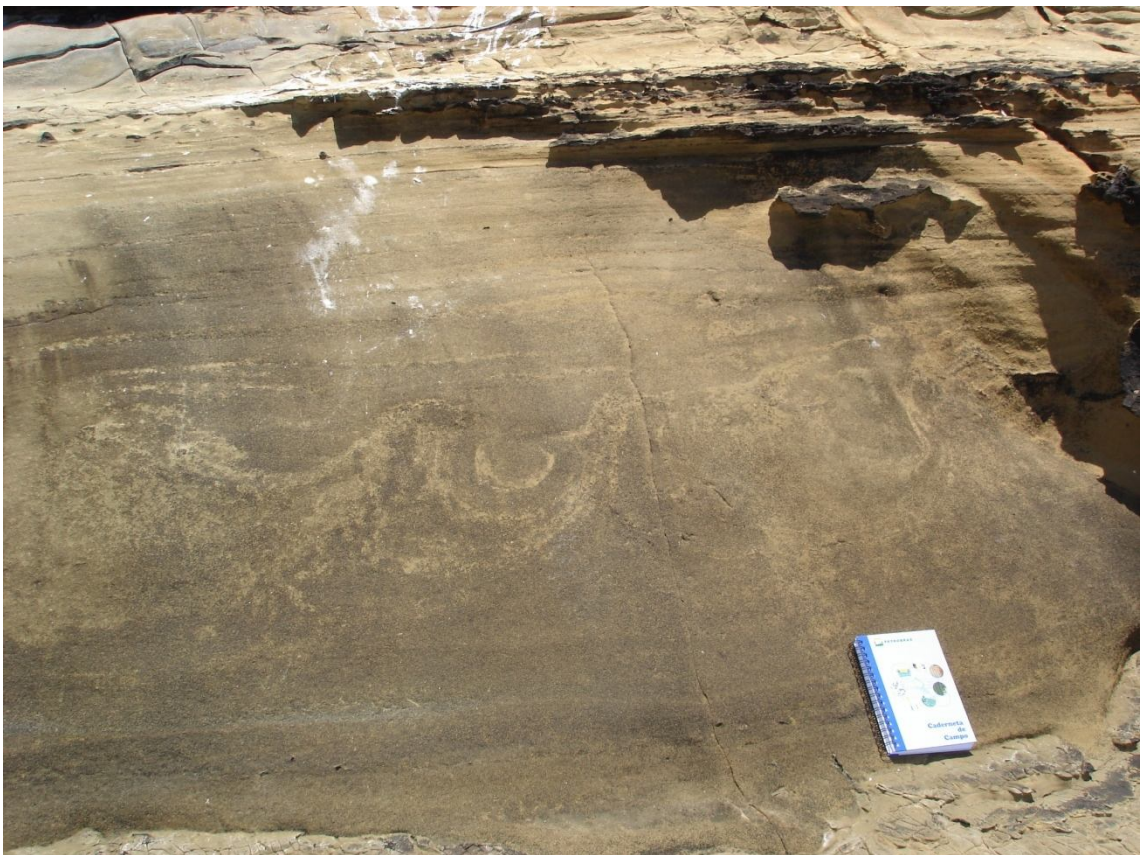


Figura 37 – Litofácies AFfd mostrando semelhança com a Sequência de Bouma.



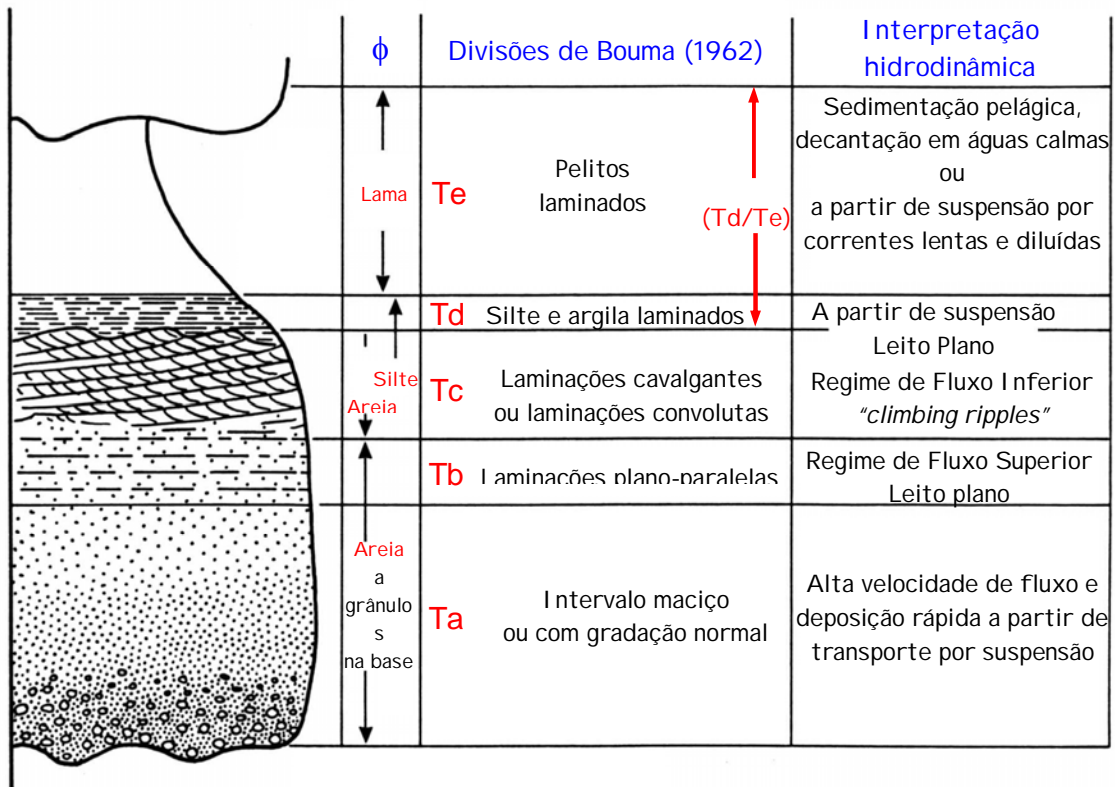


Figura 38 – Sequência de Bouma ideal.

**Interpretação** – Com base na sua distribuição vertical e lateral, esta litofácies tem estreita semelhança com a Sequência de Bouma, que é normalmente produzida por correntes de turbidez de baixa densidade com carga relativamente fina (Lowe, 1982). A alta taxa de sedimentação é responsável pelo acúmulo e conseqüente ineficiência na expulsão de fluidos, nas estruturas geradas por fluidização.

#### 4.1.6 – Arenitos finos com *hummocky* (AFhk)

Litofácies de natureza heterolítica composta por intercalação centimétrica de arenitos amarelados a vermelho alaranjado, muito finos a médios, com seleção boa a moderada e siltitos argilosos. Apresentam estratificações de baixo ângulo, *wavy ripples* e estratificações cruzadas *Hummocky*, ao final dos ciclos. Nos níveis com ondulações observam-se grânulos e clastos milimétricos sutilmente alinhados. A geometria é tabular, observa-se boa continuidade lateral (>100 m) e contatos abruptos (Figura 39).



Figura 39 – Litofácies AFhk – detalhe estrutura *hummocky* (costa Sul da Ilha Sta. Bárbara).

**Interpretação** – Esta litofácies resulta do assentamento de sedimentos em suspensão sob ação de fluxos oscilatórios, ondas de tempestades e fluxos combinados (Nottvedt e Kreisa, 1987).

#### 4.1.7 – Arenitos médios com cruzada sigmoidal (AMxs)

Litofácies representada por camada com espessura em torno de 30 cm de arenito médio a grosso, de cor rósea, com boa seleção. A estratificação é assintótica no que diz respeito às superfícies limitantes superiores e inferiores dos “sets” (Figura 40). A disposição sigmoidal, o caráter unidirecional e o baixo ângulo dos estratos são características marcantes nesta estratificação. A geometria é lenticular e a extensão lateral alcança cerca de 100 metros. Localmente, foram constatadas deformações nos sets (Figuras 41 e 42). As estratificações cruzadas sigmoidais apresentam uma bipolaridade no sentido de paleocorrentes: ora de leste para oeste, ora de oeste para leste. Ichnofósseis ausentes ou não foram identificados.





Figura 40 – Litofácies AMxs – Disposição sigmoidal e paleocorrente de leste para oeste.



Figura 41 – Litofácies AMxs – Sigmóide deformado e paleocorrente de oeste para leste.



Figura 42 - Litofácies AMxs – Detalhe estratificação sigmoidal (costa NE da Ilha Redonda).

**Interpretação** – Essa litofácies está relacionada à deposição em ambiente não confinado, sob condições críticas de passagem para o regime de fluxo superior na presença de concentrações elevadas de grãos em suspensão, reduzindo o desenvolvimento da turbulência de fluxo. Assim, pode ocorrer trapeamento de areia sobre cristas arredondadas de dunas, gerando a estratificação cruzada sigmoidal de baixo ângulo (Miall, 1996). O processo de formação deste tipo de litofácies é atribuído à deposição rápida a partir de suspensão durante períodos de pico do fluxo (Collinson, 1996). Fluxos combinados também poderiam formar estas estruturas (Nottvedt & Kreisa, 1987). As variações no sentido das paleocorrentes podem indicar mudança de área fonte.

#### 4.1.8 – Arenitos médios com laminação plano paralela (AMpp)

Litofácies representada por camada de cerca de 2,0m de arenito de cor amarela, com laminação plano paralela a baixo ângulo, granulometria média a grossa, seleção moderada a boa. Apresenta geometria lenticular, boa continuidade



lateral e pequena variação local de espessura. Uma característica marcante nesta litofácies é a presença de nódulos de óxidos de ferro, de dimensões milimétricas a centimétricas disseminadas. Localmente ocorrem clastos argilosos e fragmentos líticos centimétricos alinhados, próximos a base, acompanhados de deformação plástica (Figura 43).



Figura 43 - Litofácies AMpp – Clastos líticos e deformação plástica (costa leste da Ilha de Santa Bárbara).





Figura 44 – Litofácies AMpp – Detalhe de ondulações e *ripples* no topo.



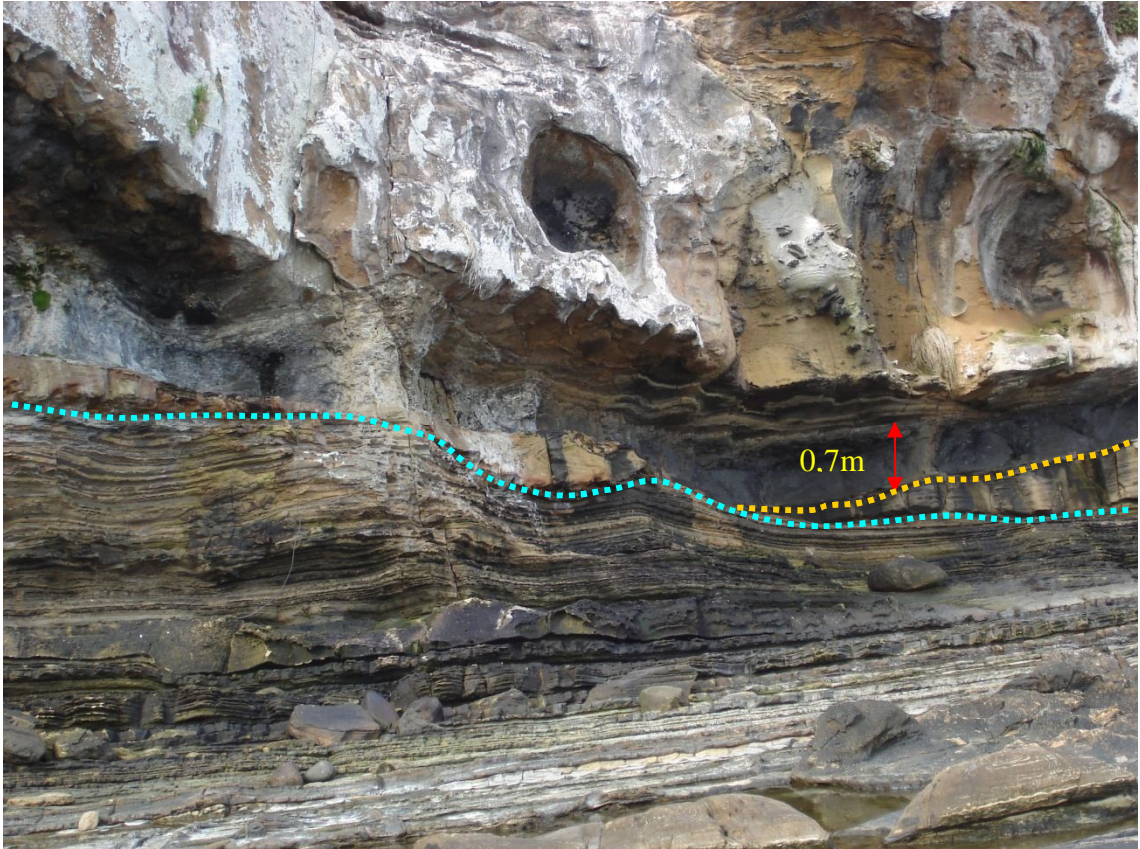


Figura 45 - Litofácies AMpp – Corpos amalgamados.



Figura 46 – Litofácies AMpp – Detalhe de clastos argilosos (tapetes de tração).





Figura 47 - Litofácies AMpp – Detalhe de fragmentos líticos.

No contato com a litofácies sobreposta (**Pma**) são observados truncamentos por ondas e alguma feição de retrabalhamento (Figura 44). A figura 45 mostra feição de amalgamamento lenticular. O caráter erosivo dessa litofácies está representado em detalhe nas figuras 46 e 47 onde se destacam os clastos argilosos e os fragmentos líticos acima citados.

**Interpretação** – Depósitos de leito plano gerados por tração em regime de fluxo superior. A julgar pela imaturidade dos clastos e dos fragmentos líticos centimétricos constatados na base da camada, é possível que tenham sido arrancados do substrato e depositados junto com as areias, a partir de tapetes de tração (Miall, 1996).

#### 4.1.9 – Arenitos grossos, macicos (AGma)

Camada de arenito médio/grosso a muito grosso, mal selecionado, maciço, aparentemente arcósio, com clastos angulosos líticos diversos e de tamanhos variando desde centimétricos a decimétricos, dispostos aleatoriamente



(Figura 48). O contato basal é essencialmente erosivo e a geometria é tabular. Lateralmente mostra-se amalgamado e com boa continuidade lateral, podendo ser acompanhado por centenas de metros (>200 m). O padrão granulométrico apresenta-se homogêneo, podendo, por vezes, mostrar uma gradação normal. Estes arenitos têm espessura média de 2,50 m. Ichnofósseis ausentes ou não foram identificados.



Figura 48 - Litofácies AGma – Fragmentos líticos (costa SE da Ilha de Santa Bárbara).

**Interpretação** – A composição, a extensão lateral e a geometria desta litofácies levam à interpretação de depósitos gerados por decantação a partir de uma suspensão arenosa turbulenta de alta densidade que corresponderia a fácies F8 de Mutti, (1999) ou o intervalo Ta de Bouma, (1962). O aspecto maciço, característico dessas litofácies, evidencia que o processo atuante no transporte dos sedimentos corresponde a fluxos não canalizados hiperconcentrados.

#### **5.1.10 – Arenitos grossos com estratificação de baixo ângulo (AGxb)**

Camadas de arenito médio/grosso, quartzoso, arcoseano, seixoso, seleção moderada, dispostas em pequenos ciclos com espessura variando em torno de 70 centímetros, com estratificação cruzada de baixo ângulo (Figuras 49 a 51). As camadas amalgamadas compõem uma espessura que gira em torno de 4,0 metros. A geometria, de modo geral, é tabular com o contato do topo abrupto. O contato basal das camadas é erosional. A grande continuidade lateral do pacote rochoso permite que seja rastreado por uma extensão de cerca de 200 metros. Não foram identificadas, até o momento, evidências de depósitos por transbordamento relacionados a esta litofácies. Soleiras e apófises de basalto ocorrem com relativa frequência. Indicações de paleocorrentes foram identificadas na base de um bloco rolado (Figura 52).



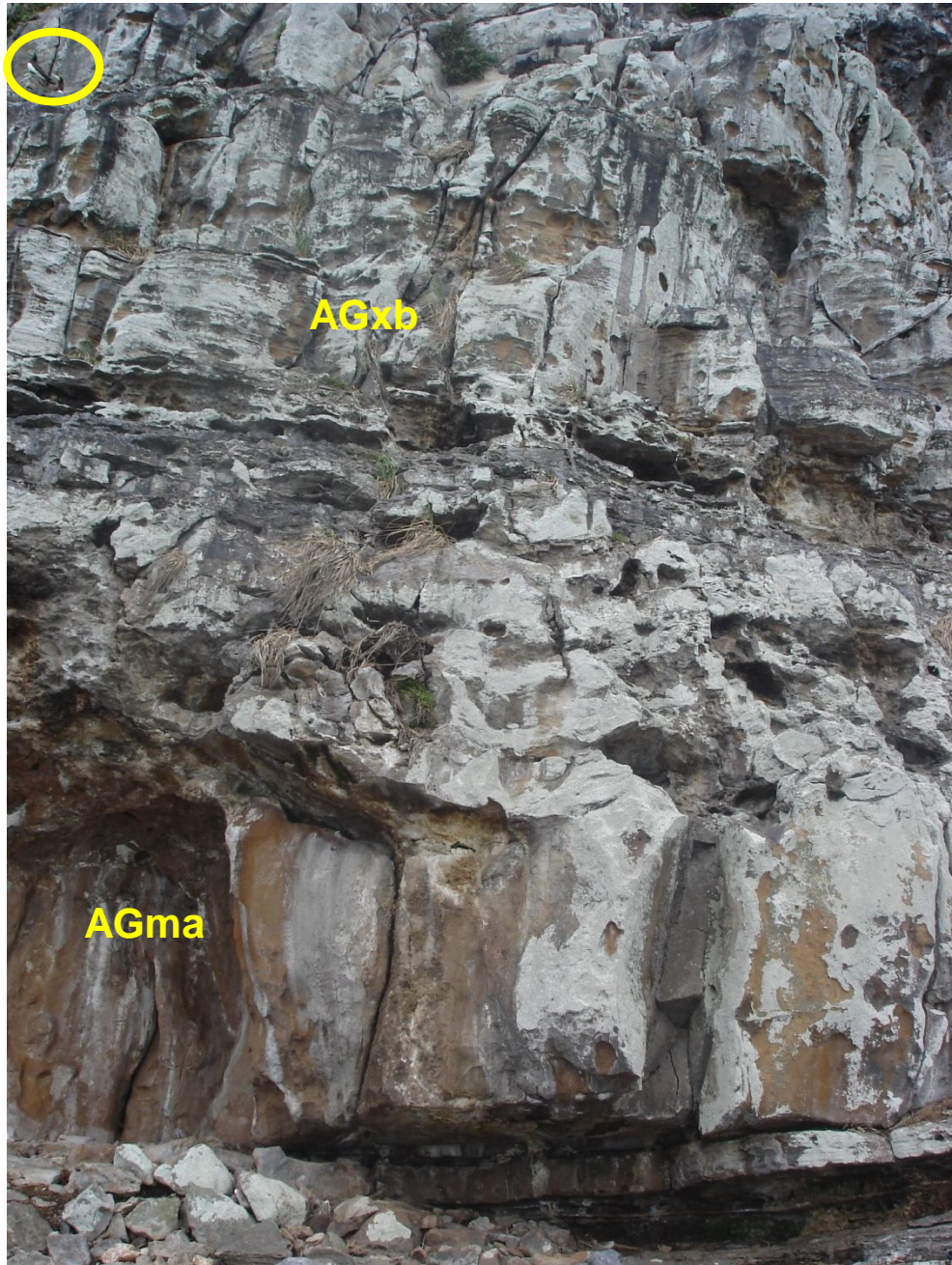


Figura 49 – Litofácies AGxb – (costa oeste da Ilha Sta. Bárbara; atobá como escala).





Figura 50 – Litofácies AGxb – Estratificação tabular a baixo ângulo; soleira de basalto intercalada (costa oeste da Ilha Sta. Bárbara; atobá como escala).



Figura 51 - Litofácies AGxb – Estratificação de baixo ângulo e soleira (costa oeste da Ilha Sta. Bárbara; atobá como escala).





Figura 52 – Litofácies AGxb – Indicações de paleocorrentes na base de bloco rolado (costa oeste da Ilha Santa Bárbara).

**Interpretação** - carga de leito transportada por correntes trativas unidirecionais. As estratificações nessa litofácies indicam formas de leito atenuadas desenvolvidas em um estágio transicional entre os regimes de fluxo superior e inferior.

#### 4.1.11 – Conglomerados arenosos maciços (CGAma)

Essa litofácies corresponde à porção mais basal do pacote em estudo e tem ocorrência restrita a costa leste da ilha de Santa Bárbara. Conglomerado com matriz areno-pelítica, com clastos variando de grânulos a bloco, apresenta coloração marrom acinzentada. A geometria, essencialmente irregular, é representada por forte variação lateral de espessura oscilando entre 2,0 e 8,0 metros. Embora de ocorrência restrita, essa litofácies se estende por cerca de 100 metros. O contato basal é do tipo irregular e revela localmente sutil concavidade. Nessa litofácies são encontrados fragmentos líticos, decimétricos a métricos, “flutuando”, ora dispersos,

ora se tocando, porém, dispostos em sua maioria, horizontalmente (Figura 53). Predominantemente, observa-se nesses fragmentos um padrão anguloso e algumas raras feições sugestivas de embricamento (Figura 54). O notável aumento da argilosidade nessa litofácies ocorre de forma gradacional em direção ao topo até passar à litofácies PCLma. Fragmentos decimétricos de rochas ígneas ocorrem dispersos na superfície do afloramento, preferencialmente nas áreas correspondentes aos terraços de abrasão. Ichnofósseis estão ausentes ou não foram identificados.

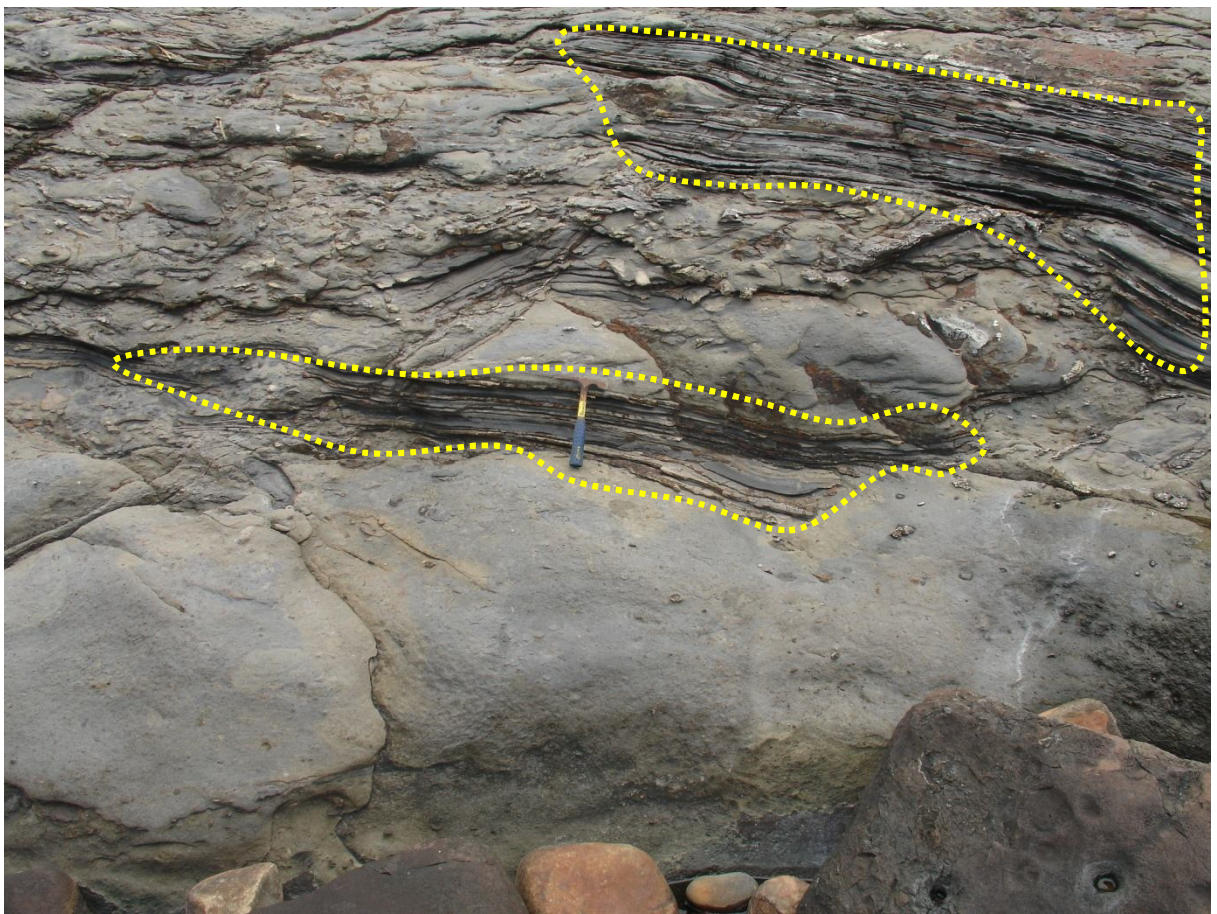


Figura 53 – Litofácies CGAma – Fragmento lítico de dimensões métricas.





Figura 54 – Litofácies CGAma – Imbricamento de seixos (costa leste da Ilha Santa Bárbara).

**Interpretação** - O arranjo tridimensional dessas litofácies (geometria e composição) é sugestivo de fluxos de detritos. A irregularidade do contato basal possivelmente é proveniente do paleo-relevo. Os fragmentos, principalmente os de dimensões métricas, apresentam imaturidade textural, o que é indicativo de transporte por distâncias relativamente curtas. As raras feições sugestivas de embricamento dos fragmentos líticos sugerem pouca eficiência no transporte dos mesmos, o que pode representar a porção do fluxo com comportamento laminar possivelmente devido a alta densidade e coesão do fluxo. A ausência ou a não preservação de ichnofósseis podem estar vinculadas a alguma condição ambiental estressante ou simplesmente a destruição dos mesmos devido ao estado ainda inconsolidado do substrato. Pelas características do pacote interpreta-se que correspondam a fluxos de detritos coesivos e pouco evoluídos. Os fragmentos de rochas ígneas identificados nos terraços de abrasão provêm das vulcânicas situadas nas porções mais elevadas do afloramento.



#### 4.1.12 – Paraconglomerados lamosos maciços (PCLma)

Essa litofácies corresponde à porção mais basal do pacote em estudo e também tem ocorrência restrita a costa leste da ilha de Santa Bárbara. Exibe textura e geometria similares a da litofácies CGAma, diferindo apenas no teor de argila que nesta litofácies é muito maior (Figura 55). Grandes fragmentos líticos de dimensões variando desde centimétricas a decimétricas dispõem-se aleatoriamente ao longo do afloramento. De modo geral, predomina o arranjo caótico, embora localmente tenham sido observadas feições que lembram graduação e imbricação (Figuras 56 e 57). Nessa litofácies também não foram identificados ichnofósseis. Fragmentos decimétricos de rochas ígneas foram constatados nas porções do afloramento correspondentes aos terraços de abrasão. Fragmentos centimétricos de carvão ocorrem dispersos (Figura 58). O contato superior desta litofácies é gradacional (Figura 59).



Figura 55 – Litofácies PCLma – Fragmentos líticos dispersos (costa leste da Ilha Santa Bárbara).





Figura 56 – Litofácies PCLma – Possível gradação (costa leste da Ilha Santa Bárbara).



Figura 57 - Litofácies PCLma - gradação de seixos (costa leste da Ilha Santa Bárbara).





Figura 58 – Litofácies PCLma - Fragmentos de carvão.



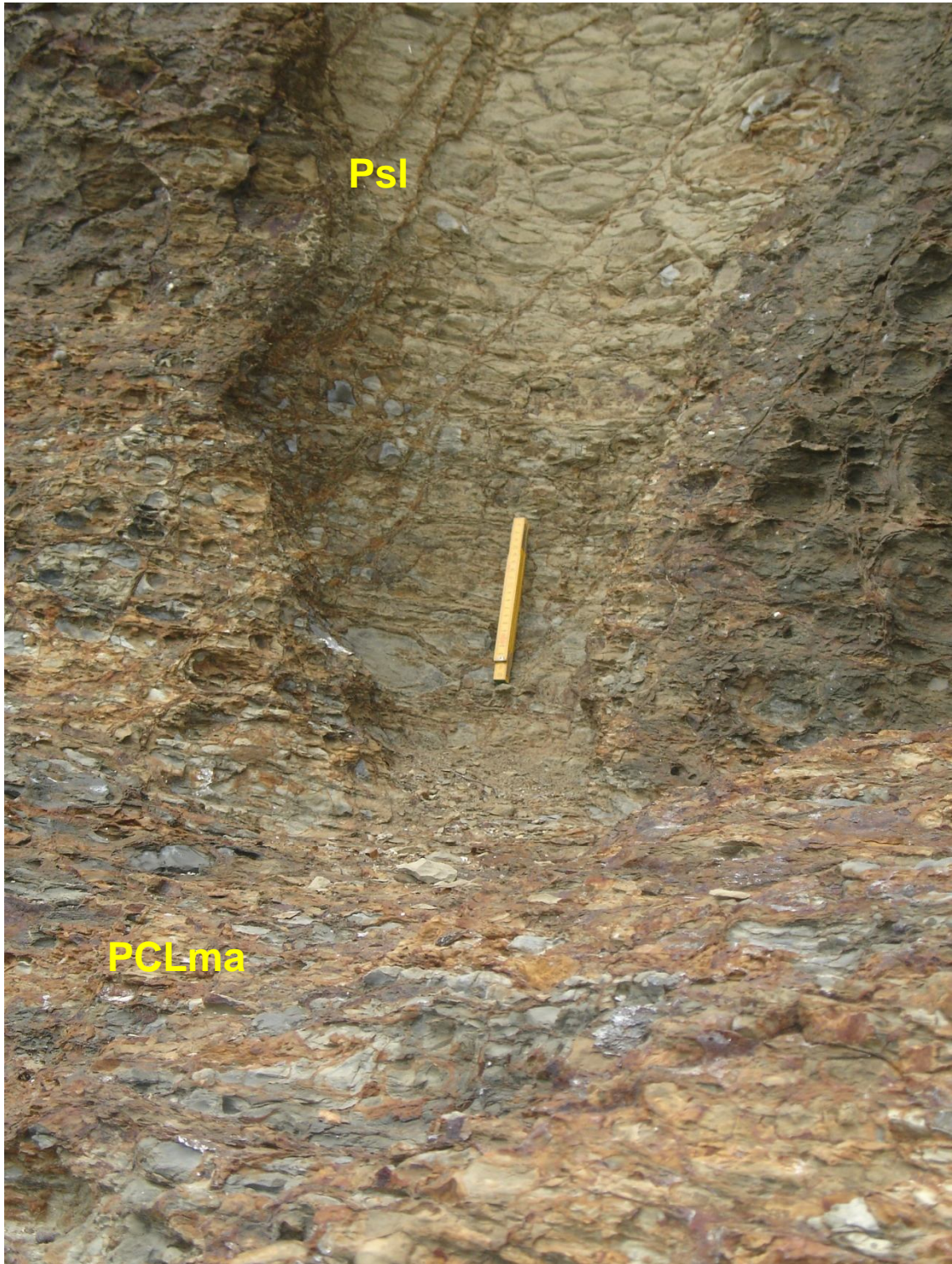


Figura 59 – Contato gradacional entre as litofácies PCLma e Psl.

**Interpretação** – O arranjo tridimensional dessas litofácies (geometria e composição) é, à semelhança da litofácies CGAma, sugestivo de processos intermediários entre escorregamentos e fluxos de detritos. Os fragmentos apresentam imaturidade textural, o que é indicativo de transporte por distâncias

relativamente curtas. As raras feições sugestivas de embricamento dos fragmentos líticos sugerem pouca eficiência no transporte dos mesmos, o que pode representar a porção do fluxo com comportamento laminar possivelmente devido a alta densidade e coesão do fluxo. A ausência ou a não preservação de ichnofósseis podem estar vinculadas a alguma condição ambiental estressante ou simplesmente a própria destruição dos mesmos devido ao estado ainda inconsolidado do substrato. Pelas características do pacote interpreta-se que correspondam a fluxos de detritos de alta densidade, pouco evoluídos, provavelmente coesivos. Os fragmentos de rochas ígneas identificados nos terraços de abrasão provêm das vulcânicas situadas nas porções mais elevadas do afloramento. Quanto aos fragmentos de carvão constatados, sugere-se estabelecer uma relativa proximidade com áreas vegetadas, contudo podem estar relacionados a processo de ressedimentação envolvendo restos vegetais.

#### **4.1.13 – Conglomerado clasto suportado, brechoide (CGbr)**

Pacote de rochas com geometria irregular, espessura variável, coloração amarela-alaranjada. Estão posicionados estratigraficamente acima da litofácies AGma, nos afloramentos a SE e a SW da ilha de Santa Bárbara. Descritivamente correspondem a brechas sedimentares (ou um conglomerados intraformacionais) representadas por camada com aspecto irregular de espessura bastante variável (desde 0,5 até 1,5m). Em sua composição estão presentes fragmentos líticos angulosos diversos e cujas dimensões variam desde centimétricas a decimétricas (Figura 60). A matriz que envolve e suporta estes fragmentos tem natureza arenosa média a grossa, silto-argilosa. Nos afloramentos da Ilha Redonda, a identificação desta litofácies é dificultada, devido à vegetação.





Figura 60 – Litofácies CGbr – Brecha sedimentar.

**Interpretação** - Pelas características geométricas e sedimentológicas apresentadas, principalmente maturidade dos fragmentos, interpreta-se que esta litofácies esteja relacionada a fluxos gravitacionais de alta densidade. Interpreta-se também que estes sedimentos podem corresponder a uma transição ou uma fácies proximal da litofácies AGma.

#### 4.1.14 – Ígneas (Vulcânicas)

Corresponde a conjuntos formados por rochas ígneas de cor cinza escura a preta, localmente esverdeadas, com textura afanítica a fanerítica fina. Dispõem-se ora em camadas centimétricas a decimétricas intercaladas a rochas sedimentares, ora capeando-as com camadas decimétricas a métricas na superfície das ilhas de Santa Bárbara e Redonda (Figura 61). Comumente ocorrem com esfoliação esferoidal e também como regolito.



Figura 61 – Soleira de basalto – costa oeste da Ilha Santa Bárbara.

**Interpretação** – Estas rochas correspondem a diques de diabásio e se intercalam na base e no topo da seção com basaltos possivelmente formados por extrusão ou intrusão rasa.

#### 4.1.15 –Vulcanoclásticas

Litofácies representada por uma camada rochosa de espessura variável (centimétrica a decimétrica), geralmente alterada, que recobre toda a superfície das ilhas de Santa Bárbara e Redonda. A cor varia desde a cinza clara, na porção externa, até castanha, nos horizontes mais internos. Apresenta textura esponjosa e baixa coesão. Geralmente, esta litofácies apresenta aspecto similar ao de um solo ou de uma rocha em decomposição com feição de alteração esferoidal (Flicoteaux, 1999 e Sérgio Valente, 2007). Localmente, apresenta aspecto brechado englobando desde fragmentos centimétricos até blocos decimétricos de rochas sedimentares sotopostas e até mesmo de vulcânicas (Figuras 62 e 63). A espessura dessa camada (solo) varia geralmente desde poucos centímetros até alguns



decímetros em vários pontos das ilhas (Figura 64), e apresenta um aspecto um tanto oleoso ao tato.



Figura 62 – Vulcanoclásticas (costa Oeste da Ilha Santa Bárbara, Rodovalho, 2003).



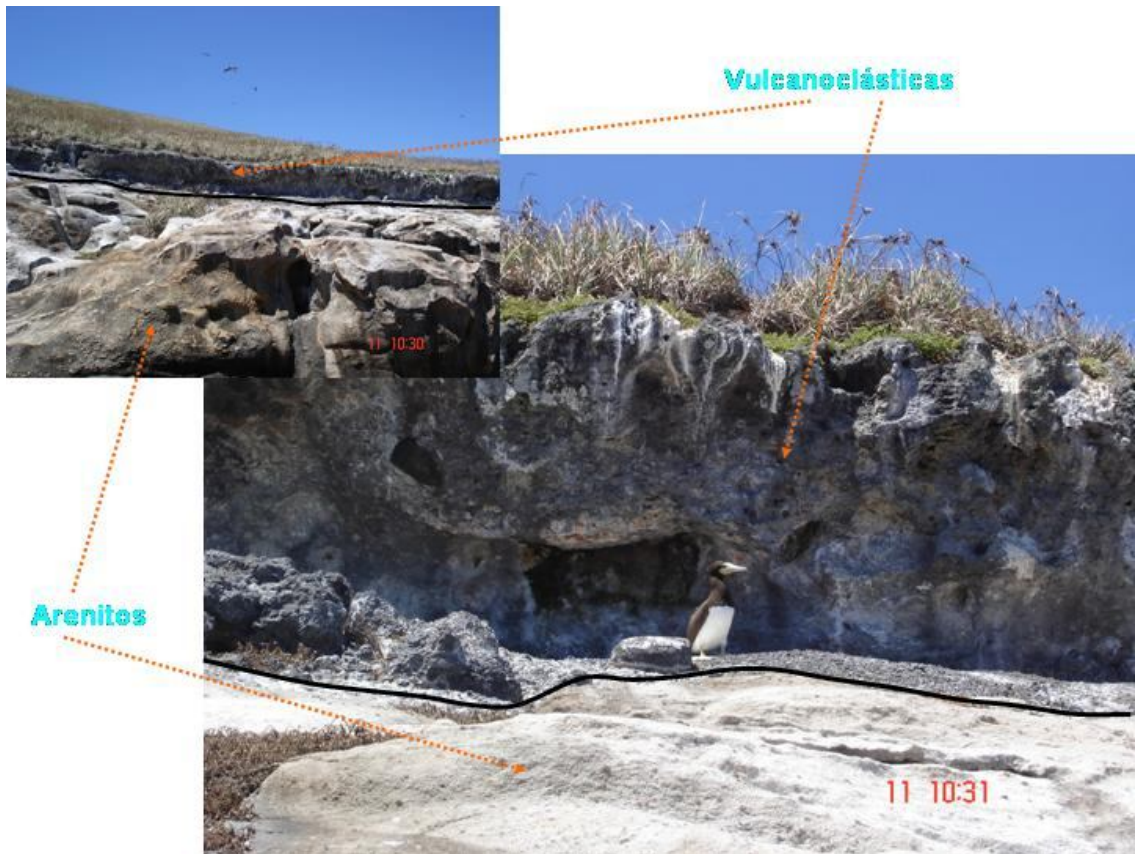


Figura 63 – Vulcanoclásticas (costa norte da ilha Redonda).



Figura 64 – Vulcanoclásticas (costa norte da Ilha Santa Bárbara)

**Interpretação** – Os processos que levaram a produção e ao estabelecimento dessas rochas estão vinculados a interações físico-químicas (magmatismo, decomposição e erosão) envolvendo rochas vulcânicas e sedimentares além de possível soerguimento. Em decorrência disso, torna-se difícil precisar o(s) processo(s) predominante(s), considerando-se ainda a intensa alteração diagenética. O aspecto oleoso deriva da contribuição biológica aos processos de alteração dessas rochas, em vários pontos das ilhas Santa Bárbara e Redonda, através da intensa atividade das aves marinhas com a produção de fosfatos.

## **4.2 – Associações de Fácies**

### **4.2.1 – Shoreface Inferior – AF1**

#### **4.2.1.1 – Descrição**

Esta associação de fácies é caracterizada pela alternância de camadas tabulares de arenitos finos, com espessuras de 10 a 15 centímetros, e pelitos, com espessuras de 5 a 10 centímetros (Figura 65).

A alternância de arenitos e pelitos forma sucessões de estratocrescência ascendente, com espessuras de 2,5 a 4,0 metros. Internamente a sucessão observa-se ciclos menores de estratocrescência ascendente com espessuras médias de 30 cm. Os arenitos apresentam base abrupta, por vezes com estruturas de carga do tipo simples ou pendular. Internamente mostram uma variedade de estruturas sedimentares. Normalmente as camadas apresentam laminação plano-paralela (litofácies Pla) na base que são sobrepostas por laminações cruzadas *hummocky* na parte superior (litofácies AFhk). Em alguns casos, as camadas possuem laminações cruzadas de marcas onduladas por onda (litofácies Srp) sobrepondo as laminações cruzadas *hummocky*. Os pelitos, por sua vez, são maciços (litofácies Pma) ou laminados (litofácies Pla). Por vezes os pelitos, apresentam finas lentes de arenitos finos, com espessuras de 0,5 a 1,0 centímetro, com laminações cruzadas de marcas onduladas de onda e de corrente. Esta associação de fácies apresenta abundantes bioturbações sob a forma de

escavações horizontais de tamanhos variados, representantes típicos dos ichnogêneros *Thalassinoides*, *Ophiomorpha*, *Schaubcylindrichnus* e *Chondrites*. Cabe ressaltar que existem intervalos pelíticos (litofácies Pma e Psl) que não apresentam bioturbações.

#### 4.2.1.2 – Interpretação

Esta associação de fácies é interpretada como registro de ambiente de shoreface inferior. A presença de arenitos com estratificações cruzadas *hummocky* e laminações cruzadas de marcas onduladas de onda, alternados com camadas de pelitos, sugere que a deposição desta associação de fácies ocorreu acima do nível de ação de ondas de tempestade, mas abaixo do nível de ação de ondas normais. A ocorrência de depósitos maciços na base das camadas, sucedidos por laminações cruzadas *hummocky* e laminações cruzadas de marcas onduladas de onda indicam uma diminuição da energia das ondas durante um evento de tempestade. Os ciclos menores de granocrescência ascendente (20 a 30 cm) representam uma progressiva diminuição da intensidade das tempestades ao longo do tempo, vinculadas a prováveis ciclos solares de Milankovitch (Vide Anexo 1). A rápida acumulação de sedimentos ou a paleosismicidade (Sims, 1975; Moretti *et al* 1999; Rossetti, 1999) atuando em substrato liquidizado, são alguns dos agentes disparadores do desenvolvimento de estruturas de carga do tipo chama, pseudonódulos e bolas e almofadas. As sucessões verticais de fácies maiores (2 a 4 metros), marcadas por uma granocrescência ascendente são interpretados como ciclos de raseamento para o topo, podendo ser correlacionadas as parassequências de Van Wagoner *et al.* (1990).

Assim, com base no exposto, o padrão agradacional a progradacional de parassequências exibido, reflete, nessa escala de observação (afloramento), o gradativo avanço do sistema na escala das sequências de 5ª e 6ª ordem, subordinado a uma alta taxa de sedimentação e de subsidência. As feições indicativas de retrabalhamento por ondas de tempestades reforçam a hipótese de grandes e freqüentes variações climáticas ocorridas naquele sitio deposicional.

A assembléia de ichnogêneros constatada nessa associação pode caracterizar as ichnofácies *Skolithos*, *Zoophycos* e *Cruziana* (Seilacher, 1964). Entretanto, a ichnofácies *Cruziana* é a que melhor se encaixa nas características litofaciológicas dessa associação que é típica de ambientes plataformais. A



abrangência desta ichnofácies vai desde acima do nível de base das ondas de tempestades até logo acima do nível de base das ondas normais, ou seja, do shoreface inferior ao offshore inferior, de acordo com MacEachern e Pemberton, (1992). Atribui-se aos pelitos onde não foram identificadas bioturbações, uma deposição sob condições ambientais estressantes, a exemplo de hipersalinidade (Pemberton & Wightman, 1992).

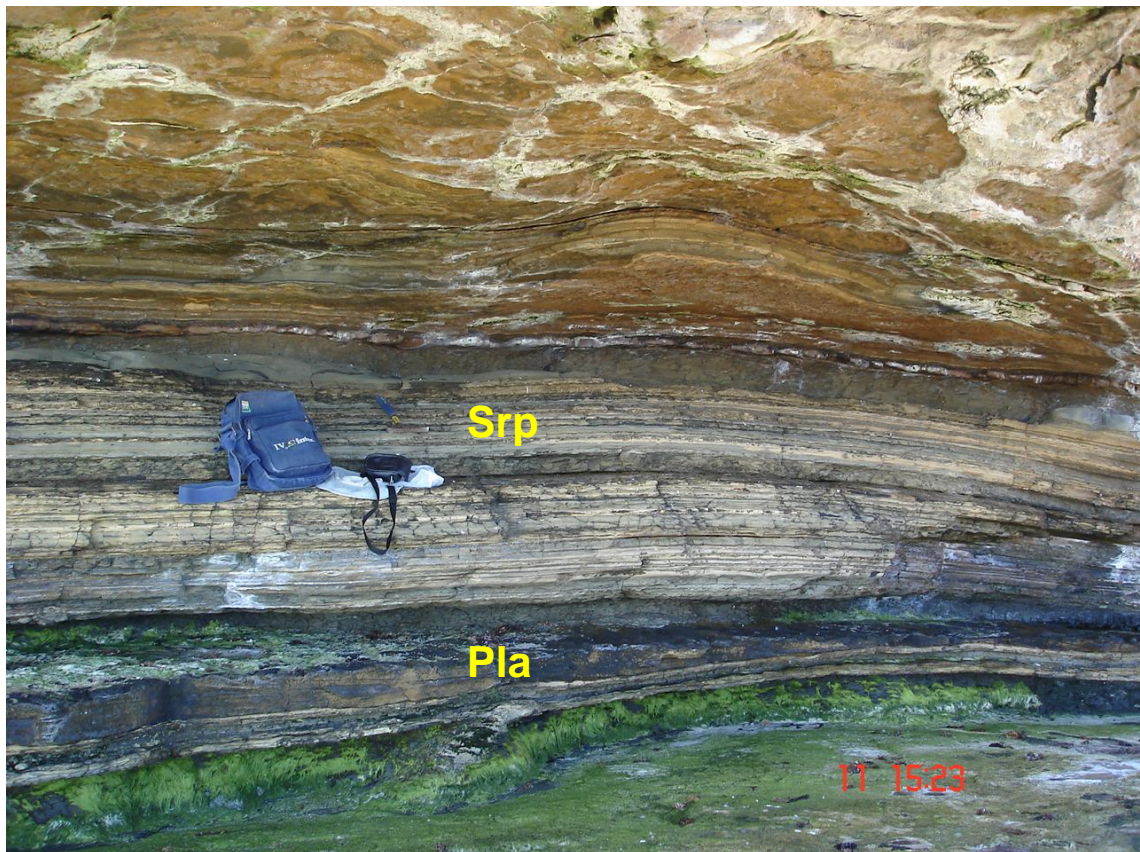


Figura 65 – Associação de facies AF1.

## 4.2.2 – Frente Deltaica Distal/Mediana retrabalhada por onda – AF2

### 4.2.2.1 – Descrição

Esta associação mostrada na figura 66 é composta por arenitos finos a grossos, formando pacotes com espessuras variando de 2,5 a 4,0 metros e com extensões laterais mínimas de 200 metros (extensão lateral dos afloramentos). É caracterizada por sucessão de fácies de granocrescência ascendente marcada pela dominância de siltitos e arenitos finos com laminação plano-paralela na base (litofácies Pla), que passam verticalmente para arenitos finos a médios com laminações cruzadas *hummocky* (litofácies AFhk) ou com abundantes estruturas de

escape de fluidos (litofácies AFfd). Nas camadas com estratificação cruzada *hummocky* ocorrem grânulos e seixos sutilmente alinhados. O topo da sucessão, por sua vez, é constituído predominantemente por arenitos com estratificações plano-paralelas (litofácies AMpp) e, mais raramente, estratificações cruzadas sigmoidais (litofácies AMxs). A base da litofácies AMpp apresenta deformação plástica e, localmente, clastos argilosos e fragmentos líticos centimétricos alinhados. Traços fósseis são abundantes nesta associação, principalmente nos arenitos mais finos, sendo representados por escavações horizontais e inclinadas, típicas dos ichnogêneros *Thalassinoides*, *Ophiomorpha*, *Planolites*, *Schaubcylindrichnus* e *Chondrites*.

#### 4.2.2.2 – Interpretação

A presença de sucessão vertical de fácies com granocrescência ascendente, caracterizadas pela alternância de arenitos com estruturas trativas unidirecionais com estruturas vinculadas a fluxos oscilatórios, permite interpretar esta associação como frentes deltaicas retrabalhadas por ondas. As camadas com estratificação de baixo ângulo a plano paralelas são interpretadas como depósitos de leito plano gerados por tração em regime de fluxo superior vinculadas a correntes de turbidez de baixa densidade em contexto de frente deltaica, desenvolvidas provavelmente durante eventos relacionados a cheias episódicas (Miall, 1996). Os arenitos com estratificação cruzada *hummocky* são interpretados como depósitos associados ao retrabalhamento de sedimentos de frente deltaica durante períodos de tempestades. A assembléia ichnológica constatada apresenta uma baixa biodiversidade, em detrimento da numerosa quantidade de ichnofósseis podendo ser característica das ichnofácies *Skolithos*, *Zoophycos* e *Cruziana* (Seilacher, 1964). A ichnofácies *Cruziana* é característica de ambientes plataformais entre o nível de base das ondas de tempestades e o do nível de base das ondas normais (MacEachern e Pemberton, 1992), sendo, portanto, a que melhor representa essa associação.



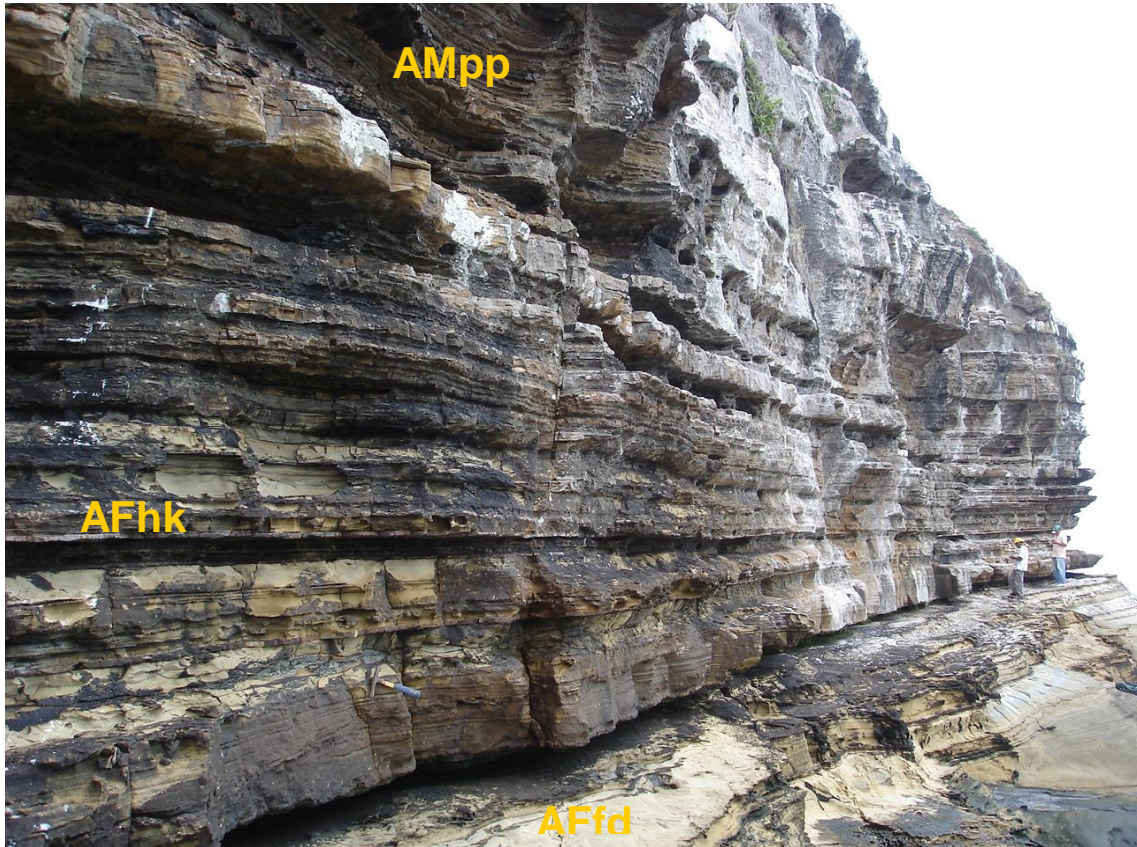


Figura 66 – Associação de fácies AF2.



Figura 67 – Associação de fácies AF2.



### **4.2.3 – Frentes Deltaicas Proximais (Lobos) – AF3**

#### **4.2.3.1 – Descrição**

Esta associação (Figuras 68 a 69) está restrita a porção mediana a superior da sucessão sedimentar estudada. É composta por corpos de arenitos médios a muito grossos, com grânulos e seixos de rochas vulcânicas e granitos, com espessuras de 2,5 a 4,0 metros e uma extensão lateral mínima de 200 metros. Os corpos arenosos possuem uma base erosiva, caracterizados internamente por um padrão granodecrescente ascendente (ciclos de 0,60 a 0,80 m), sendo compostos pelas litofácies de arenitos maciços (AGma), com laminação cruzada de baixo-ângulo (AGxb) e com laminações plano-paralelas (AMpp). Estes corpos arenosos ocorrem amalgamados formando pacotes com cerca de 5,0 m de espessura. Na base, os corpos arenosos apresentam abundantes fragmentos de pelitos compondo a superfície erosiva basal. Esta proporção de fragmentos diminui em direção ao topo dos corpos arenosos. Não há, até o momento, indicação de traços fósseis nessa associação.

#### **4.2.3.2 – Interpretação**

Os tipos de depósitos apresentados por esta associação de fácies indicam transporte e deposição através de fluxos de alta densidade. A posição estratigráfica - intercalada as associações AF1 e AF 2 -, aliada a geometria lenticular, alta amalgamação e boa extensão lateral dos corpos arenosos são sugestivos de depósitos de uma sucessão deltaica construída a partir de progradações fluviais. Esta associação representa os depósitos de frente deltaica proximal num sistema deltaico lobado, possivelmente transicionando para um sistema canalizado a montante. A ausência de bioturbação é consistente com ambiente sob forte influência continental.



Figura 68 – Associação de fácies AF3. Soleira de basalto em destaque.



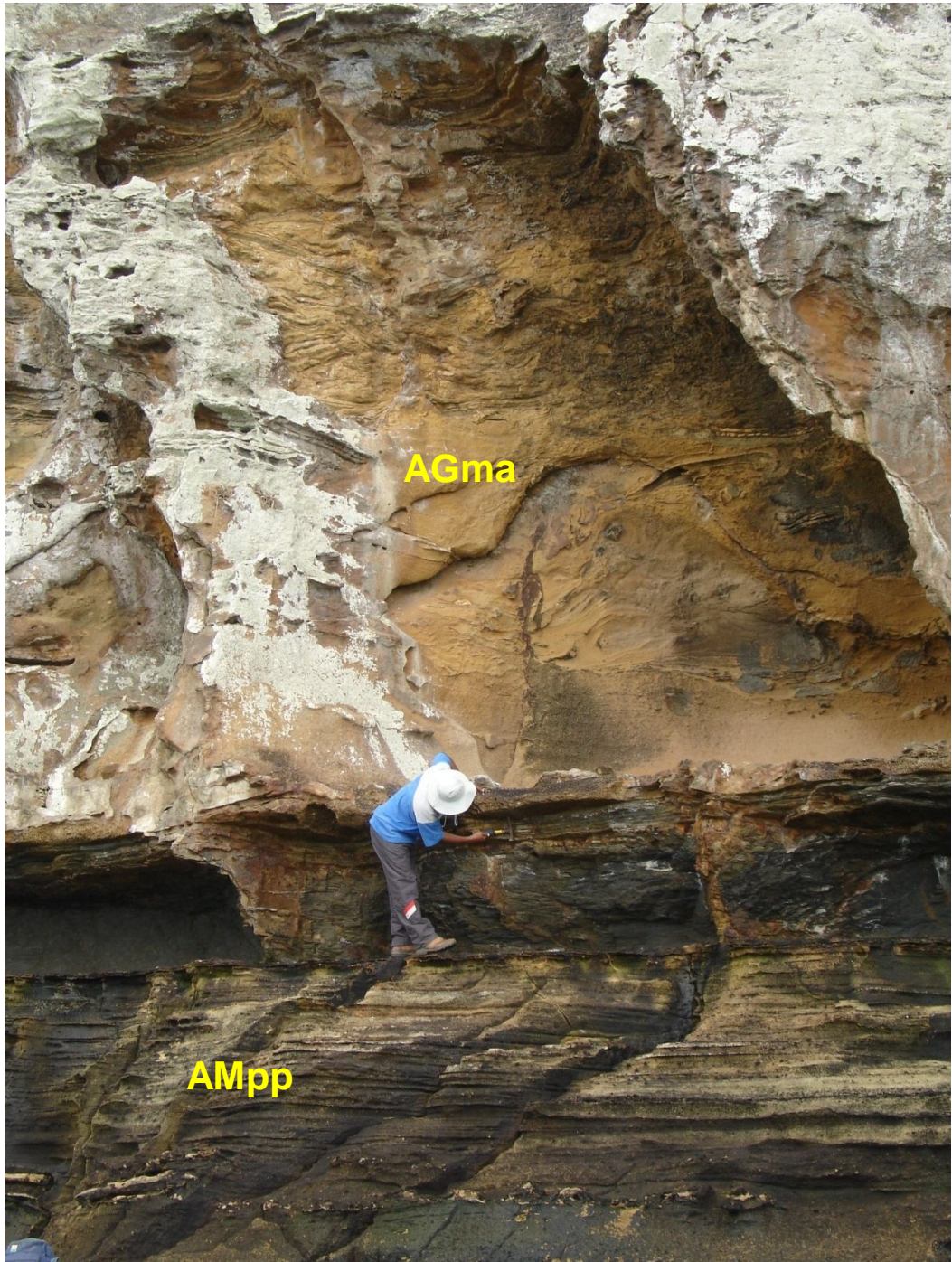


Figura 69 – Associação de fácies AF3.

#### 4.2.4 – Fluxos Gravitacionais de Massa e de Detrito – AF4

##### 4.2.4.1 – Descrição

Esta associação de fácies tem ocorrência bastante restrita, sendo marcante sua presença na porção basal do intervalo estudado (Figuras 70 e 71). Esta associação de fácies forma pacotes com espessuras de 1,5 a 8 metros, com base erosiva, recobrimdo os depósitos da associação de fácies AF1, e localmente os



depósitos da associação de fácies AF3. É composta por conglomerados maciços, suportados pela matriz (litofácies PCLma) ou clastos suportados (litofácies CGAma e CGbr). Os clastos dos conglomerados são compostos por fragmentos angulosos de pelitos e arenitos, com dimensões de poucos centímetros a vários decímetros. Por vezes, ocorrem fragmentos de camadas de heterolitos com espessuras de 50 centímetros e de extensão lateral decimétricas a métricas (<5 metros) dentro dos conglomerados. Os conglomerados são sucedidos por pelitos (litofácies Psl) intercalados, ocasionalmente, com camadas centimétricas de arenitos (litofácies Srp). O intervalo correspondente a porção basal da área estudada está intensamente deformado, ocorrendo dobras em Z ou S. Além disso, ocorrem estruturas de carga do tipo pseudonódulos ou bolas e almofadas e do tipo chama (Owen, 2003). Não foram identificados ichnofósseis nesta associação, apenas fragmentos centimétricos de carvão dispersos.

#### **4.2.4.2 – Interpretação**

Esta associação de fácies apresenta estruturas típicas de depósitos associados a fluxos gravitacionais de massa. A presença de conglomerados formados por fragmentos de camadas de leitos e arenitos, deformadas, associados à presença de dobras em Z e S, indicando planos de cisalhamentos sub-horizontais, permite classificar os fluxos de massa como depósitos de escorregamento.

Os escorregamentos - assim como os deslizamentos - representam blocos de sedimentos que sofrem deslocamento lateral sobre uma superfície basal. A diferença entre eles é que o escorregamento apresenta deformação plástica interna, enquanto no deslizamento a deformação está concentrada no plano de cisalhamento basal. A fragmentação das camadas e geração de uma brecha conglomerática, como fora observado nesta associação, indica escorregamentos altamente móveis, podem ser considerados como um estágio transicional para um fluxo de detritos coesivos, e seus depósitos podem ser similares a fácies A2 de Mutti (1999). A relação lateral e o posicionamento vertical desta associação (intercalada a litotipos das associações AF1 e da AF3) permitiram inferir sua localização em áreas da bacia sujeitas a instabilidade (frente deltaica, por exemplo). É possível que os traços fósseis tenham sido destruídos pela movimentação da massa ainda inconsolidada, e os fragmentos de carvão indicariam a proximidade de ambiente parálico. Com base no exposto, interpreta-se que esta associação está relacionada

a eventos de escorregamentos possivelmente disparados por fenômenos tectônicos. Poderia também estar vinculada a mecanismos de colapso de frentes deltaicas, associados a cheias catastróficas.

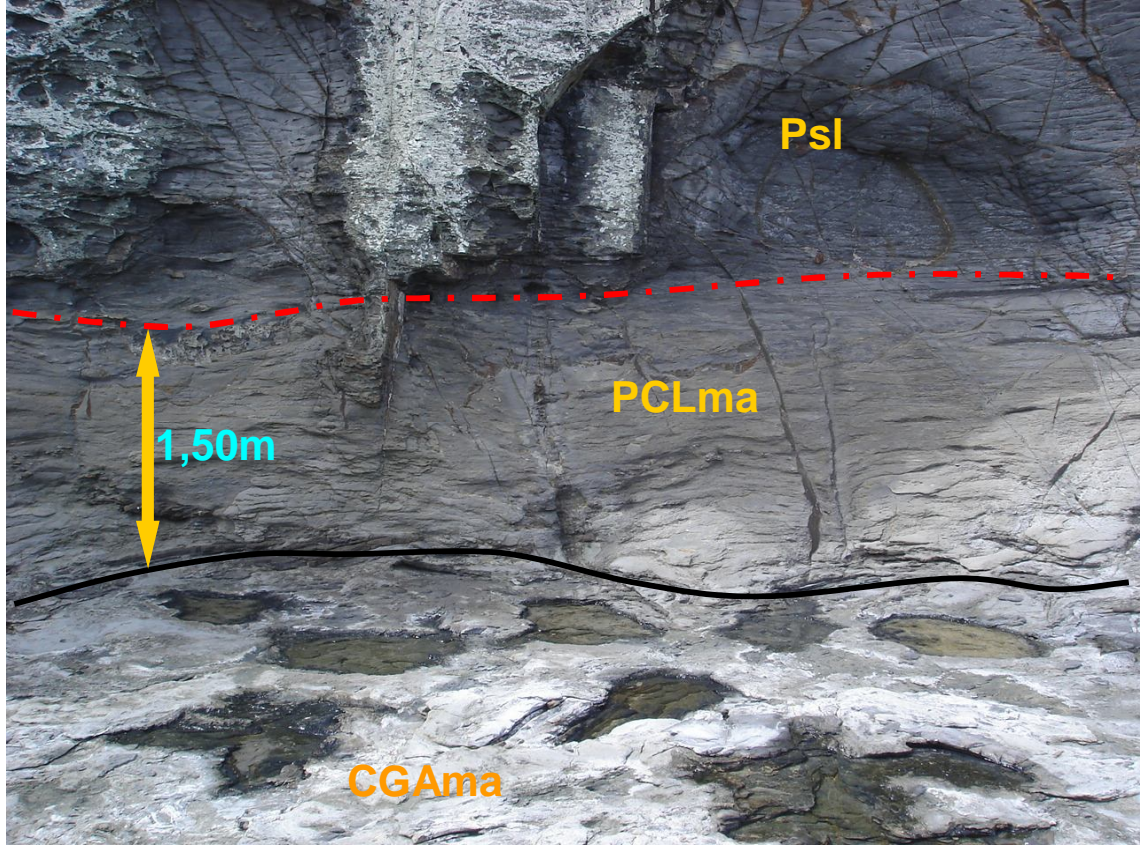


Figura 70 – Associação de fácies AF4.



Figura 71– Associações de fácies AF4 a AF1.

A figura 72 mostra tabela na qual estão sumarizadas as associações de fácies AF1/AF2 e AF3/AF4, respectivamente, com suas descrições e interpretações.



ASSOCIAÇÃO DE LITOFÁCIES	DESCRIÇÃO	INTERPRETAÇÃO
AF1: Srp/Pla/Pma/AFhk	Siltitos (folhelhos siltosos), arenitos finos essencialmente heterolíticos, com laminação plano paralela, <i>ripples</i> simétricas, truncamentos e ondulações do tipo <i>hummocky cross stratification</i> , e também maciços. Ichnogêneros constatados Th, Op, Ch.	Depósitos de correntes de baixa densidade com atuação de tração e decantação, movimentos oscilatórios e possíveis fluxos combinados. Sedimentos associados a Shoreface Inferior. (Episódios Transgressivos)
AF2: AFhk/AFfd/AMxs/AMpp	Arenitos finos a grossos e heterolitos com seleção moderada a boa, truncamentos e ondulações do tipo <i>hummocky cross stratification</i> , laminação plano paralela, cruzadas sigmoidais, estruturas deformadas por fluidização e intraclastos líticos alinhados na porção mediana a basal. Ichnogêneros constatados Th, Op, Pl, Ch, Sch.	Depósitos de correntes de baixa densidade com atuação de tração e decantação, movimentos oscilatórios e possíveis fluxos combinados. Sedimentos associados a Shoreface Médio. (Episódios Transgressivos)
AF3: AGxb/AGma/AMpp	Arenitos grossos a médios, seixosos, mal selecionados, maciços, com clastos líticos, estratificações cruzadas de baixo ângulo e também laminações plano paralelas. Contatos basais erosivos. Não foram constatados ichnofósseis.	Fácies associadas a fluxos gravitacionais subaquosos densos a subaéreos turbulentos (alto poder erosivo) Fácies associadas a frentes deltaicas proximais (lobos); fluxos não canalizados. (Episódios Regressivos)
AF4: CGAma/PCLma/Psl/CGbr	Conglomerados e paraconglomerados arenosos, maciços, com gradação incipiente, contato basal erosivo e de topo gradacional eventualmente compostos por pelitos com estruturas deformadas por processos de carga e escorregamentos. Não foram constatados ichnofósseis	Fácies associadas a fluxos gravitacionais subaquosos densos a subaéreos turbulentos (alto poder erosivo) Depósitos de fluxos de alta densidade (hiperpicnais, com forte poder erosivo) e provável coesivo. (Episódios Regressivos)

Figura 72 – Tabela de associações de fácies

## CAPÍTULO V – ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA

### 5.1 – Estratigrafia de Sequências

#### 5.1.1 – Arcabouço Estratigráfico dos afloramentos

O núcleo da análise estratigráfica, sob o ponto de vista da Estratigrafia de Sequências, está no reconhecimento de padrões deposicionais cíclicos e na aplicação de um arcabouço cronoestratigráfico formado por sequências que

correspondam e atendam a um determinado contexto deposicional identificado. A montagem do arcabouço estratigráfico, nesse trabalho, foi obtida através do empilhamento das fácies e do estabelecimento de quatro associações de fácies. A interpretação dessas associações, mediante o reconhecimento de superfícies estratigráficas chave, levou em conta os processos deposicionais relacionados a cada tipo de fácies observada e indicou como mais apropriada a aplicação das Sequencias T – R (Embry,2002).

A figura 73 mostra as seis superfícies estratigráficas presentes nas Sequencias T– R, com destaque para a **MRS** (*Maximum Regressive Surface*) e a **MFS** (*Maximum Flooding Surface*), as mais importantes, do ponto de vista de superfície limitante.

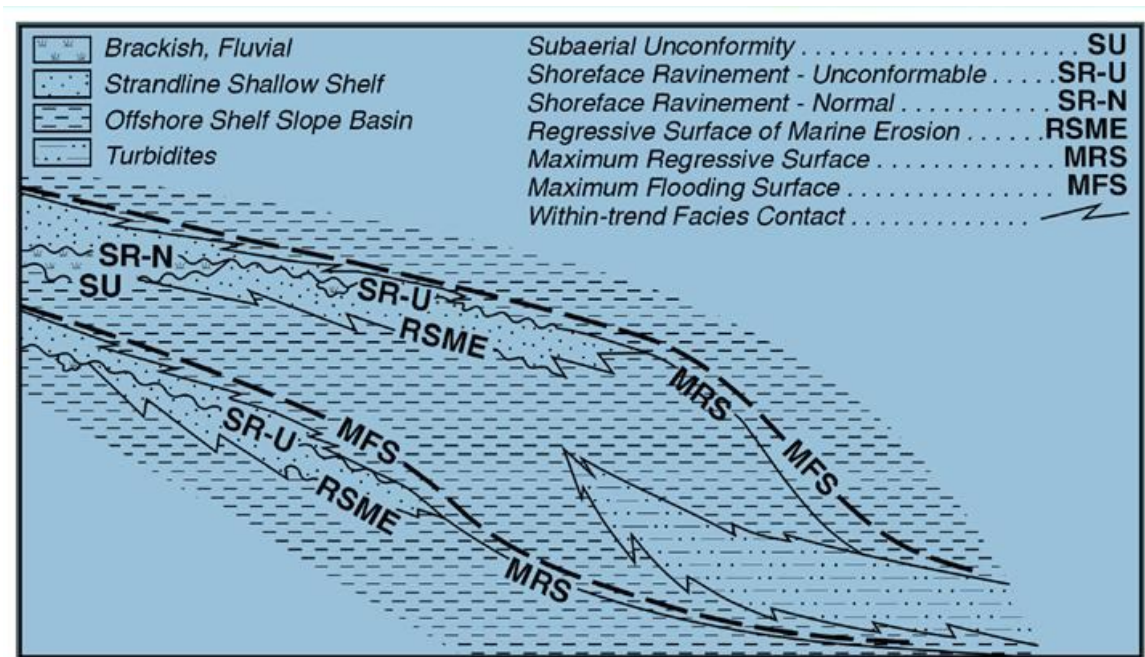


Figura 73 – Superfícies estratigráficas limitantes – MRS e MFS - (Embry e Johannessen, 2002).

Das figuras 74 até 76 estão representadas de forma resumida os perfis litológicos e granulométricos levantados nos afloramentos. Estes perfis foram montados e dispostos graficamente com a utilização do programa Anasete e representam os empilhamentos lito-estratigráficos das ilhas de Santa Bárbara e Redonda. Os empilhamentos totalizaram cerca de 40 metros de espessura na costa leste, e cerca de 20 metros na costa oeste da ilha de Santa Bárbara. Em ambos estão identificadas superfícies de descontinuidade com conotação estratigráfica significativa.

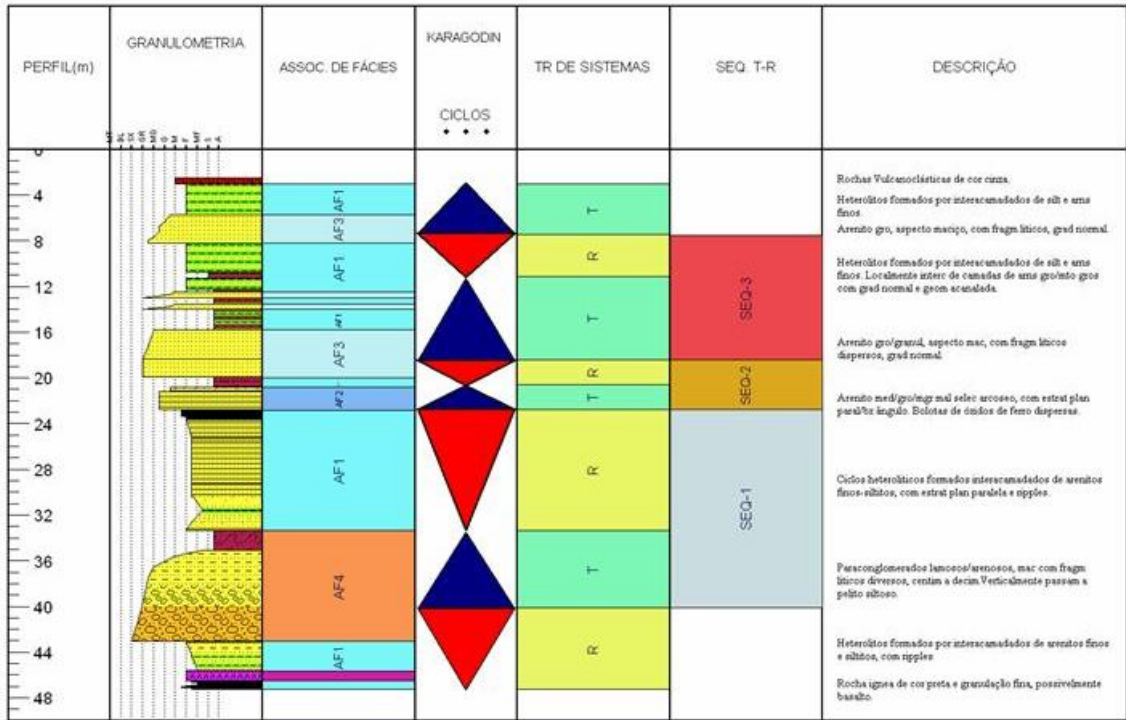


Figura 74 - Perfil Anasete montado a partir do perfil litológico do flanco leste da Ilha de Santa Bárbara.

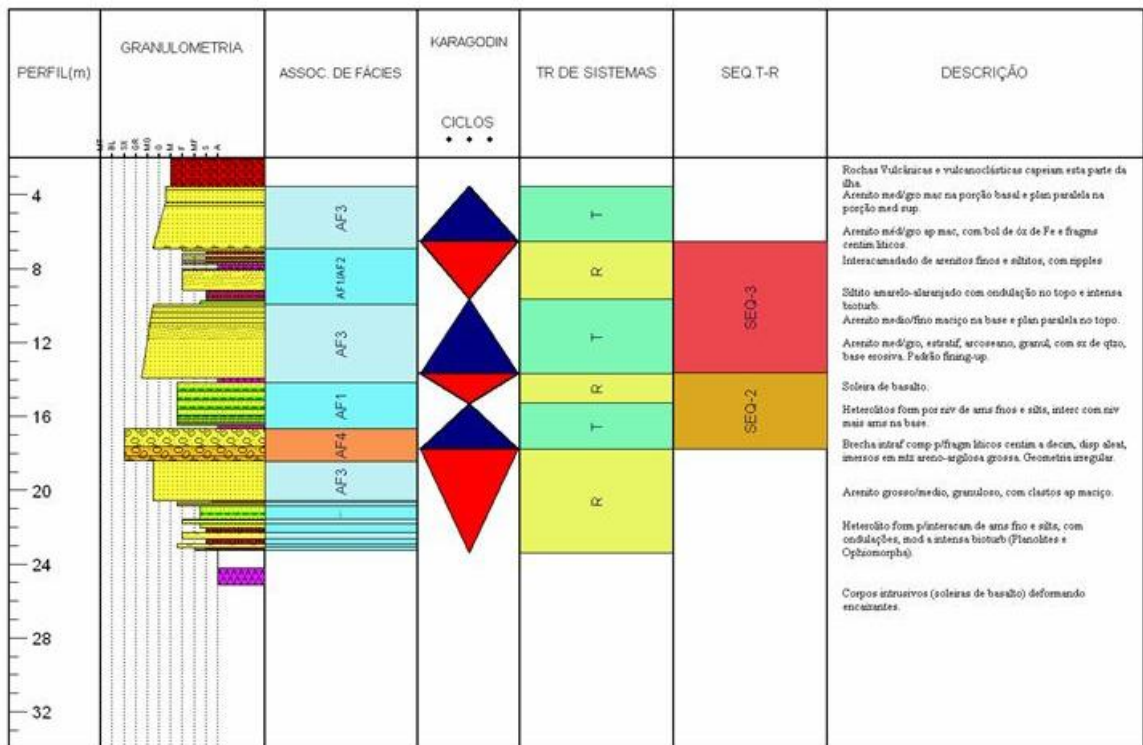


Figura 75 – Perfil Anasete montado a partir do perfil litológico do flanco oeste da Ilha de Santa Bárbara.



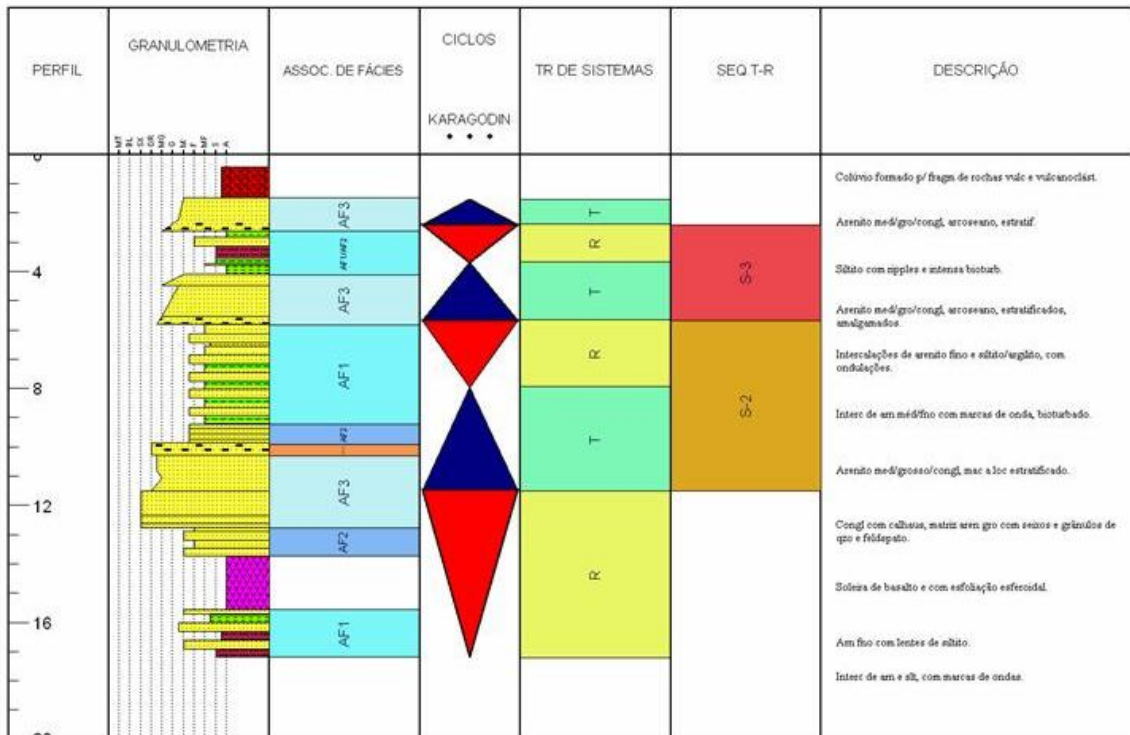


Figura 76 – Perfil Anasete montado a partir do perfil litológico do flanco sul da Ilha Redonda.

No afloramento denominado de ponto de desembarque sul ocorre a junção entre os perfis de leste e os de oeste da ilha de Santa Bárbara. No flanco leste desse afloramento, a continuidade litológica é perturbada por feições interpretadas como vinculadas a movimentos transpressivos (falha de empurrão). No flanco oeste ocorre espesso pacote de rochas ígneas com centenas de metros de extensão. Em função desses elementos, a continuidade e o agrupamento dos perfis tornam-se pouco evidentes em razão do mergulho estrutural das camadas e da porção aflorante de rochas sedimentares, dando margem a diferentes interpretações. Nesse trabalho são indicadas duas hipóteses de correlação para os perfis de leste e de oeste da ilha de Santa Bárbara.

- Uma das hipóteses admite a continuidade lateral entre os perfis de leste e de oeste interrompida por uma deformação interpretada como falha de empurrão com uma componente transcorrente (*strike-slip fault*) (Figura 77 e 78). Esse arranjo pode justificar, via variação lateral de fácies, as diferenças de espessuras entre os pacotes correlacionáveis. (Figura 79).

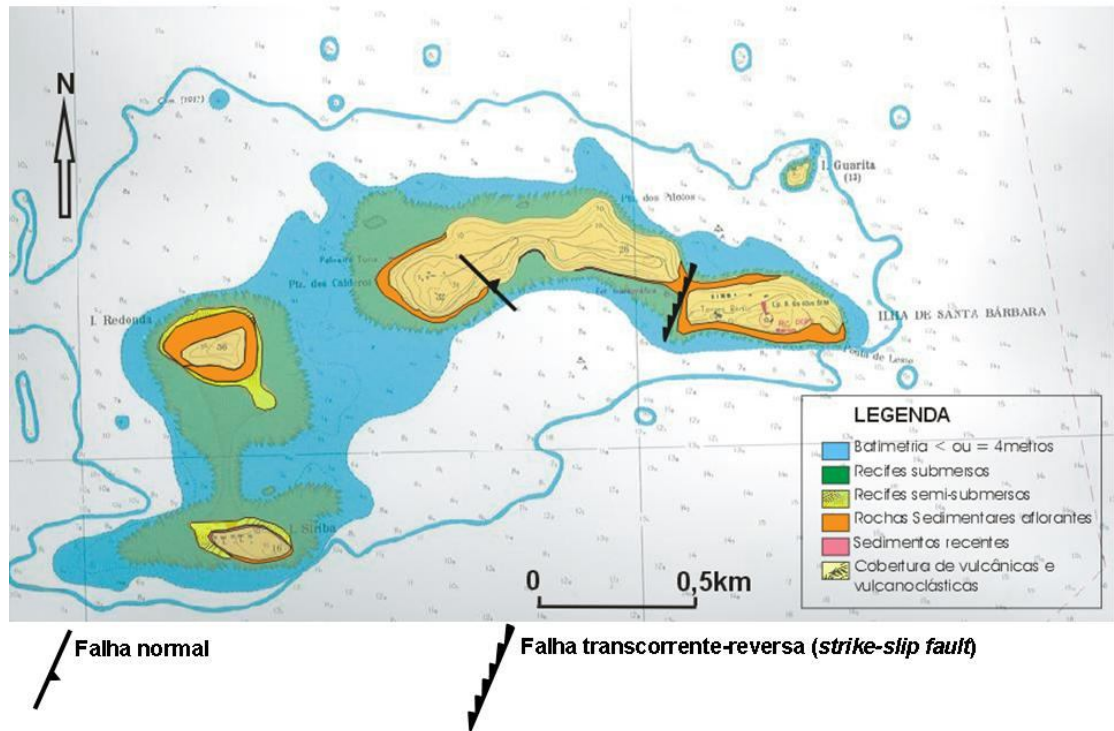


Figura 77 – Localização em mapa da falha de empurrão/transcorrente (*strike-slip fault*).



Figura 78 – Falha de empurrão/transcorrente (*strike-slip fault*) interpretada no afloramento do ponto de desembarque sul.

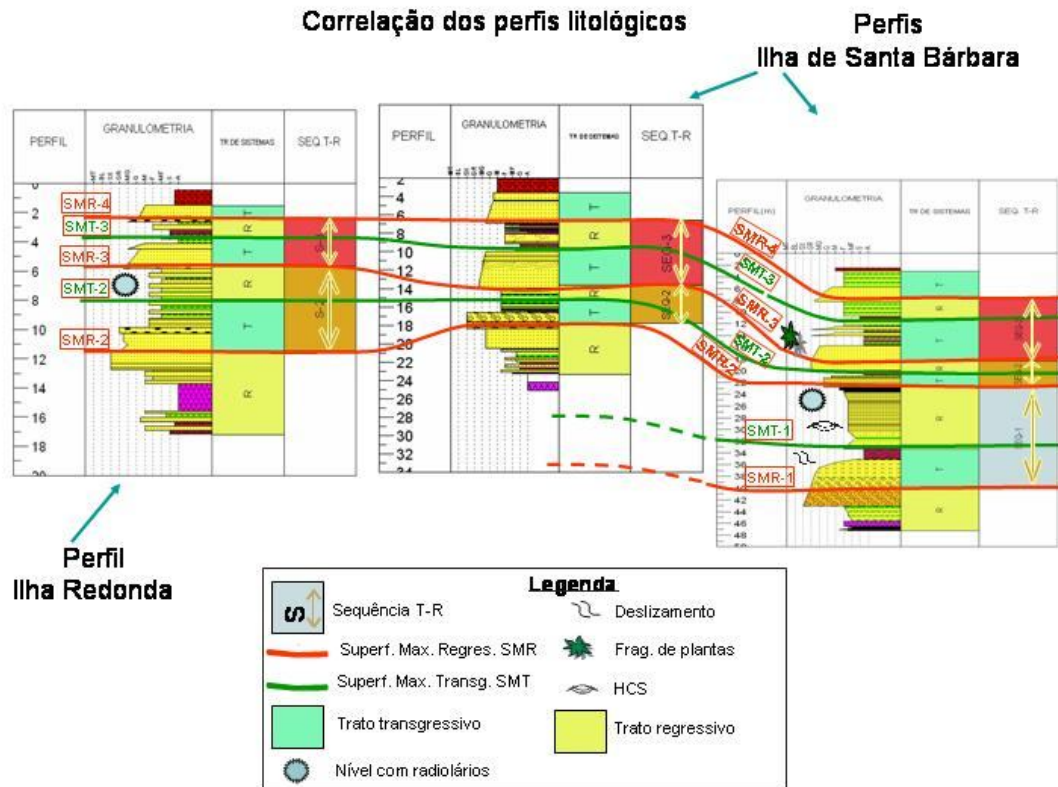


Figura 79 – Hipótese de correlação de afloramentos considerando continuidade lateral dos perfis litológicos.

- A segunda hipótese considera que a falha de empurrão interpretada colocou as camadas muito mais antigas dos perfis de leste, ao lado de outras mais novas dos perfis de oeste. Seria necessária a identificação, em afloramento, de alguma evidência consistente de deslocamento com alto rejeito, considerando que a morfologia atual seria resultante de processos erosivos. Assim sendo, essa proposição carece de respaldo paleontológico e estrutural detalhado. Em síntese, essa hipótese remete a aceitação de que os perfis de oeste se sobrepõem aos de leste, perfazendo um conjunto rochoso com aproximadamente 60 metros de espessura. (Figura 80). Portanto, neste trabalho foi aplicada a hipótese que admite a continuidade lateral entre os perfis de leste e de oeste, conforme mostrado na figura 79.



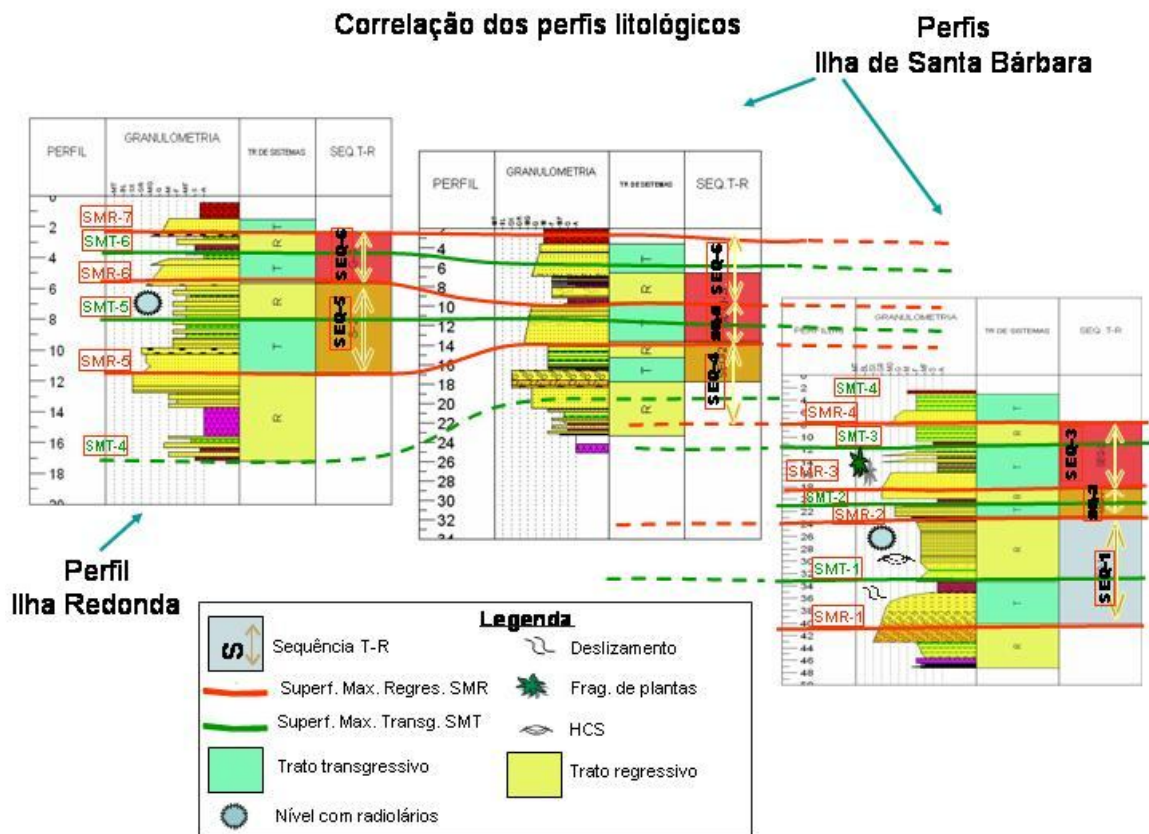


Figura 80 – Hipótese de correlação de afloramentos considerando falha de empurrão e cavalgamento dos perfis litológicos.

### 5.1.2 – Superfícies Estratigráficas e Tratos de Sistemas

Os ciclos T-R propostos por Embry e Johannessen (1992) são caracterizados por duas superfícies principais, denominadas de Superfície de Máxima Regressão (**SMR**) e Superfície Máxima Transgressão (**SMT**). Conceitualmente este modelo utiliza um limite de sequência composto, que abrange uma descontinuidade subaérea e a porção marinha da superfície de regressão máxima. A razão para a escolha da superfície de regressão máxima é decorrente da relativa facilidade de identificação dessa superfície em sistemas de água rasa (Catuneanu, 2006), a exemplo do modelo aqui para a área de trabalho. A figura 81 mostra um gráfico do Embry e Johannessen (2002) no qual são indicadas as correlações entre os ciclos de variação do nível de base, o início dos eventos de transgressão e de regressão e as superfícies estratigráficas chave. Conforme indicado na figura 81 as superfícies **MRS** e **MFS** são assinaladas no início da regressão e da transgressão respectivamente.

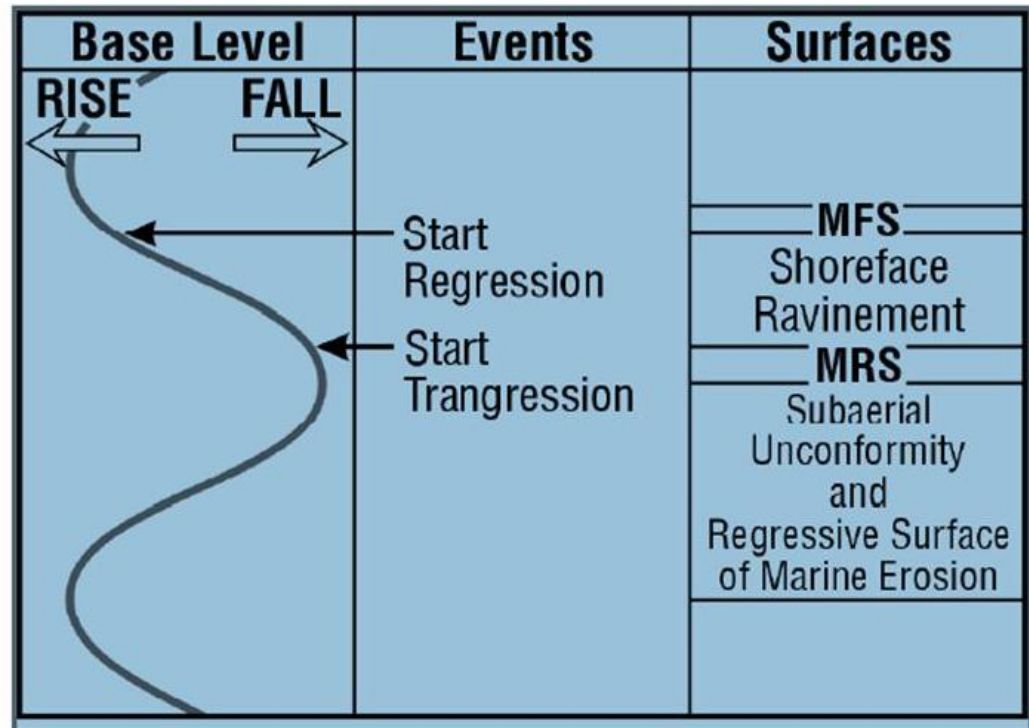


Figura 81 – Ciclos de variação do nível de base, eventos e superfícies relacionadas (Embry e Johannessen, 2002).

Nos perfis lito-estratigráficos caracterizados na área de estudo os horizontes correspondentes a superfícies de máxima regressão foram as primeiras superfícies estratigráficas-chave a serem reconhecidas e identificadas, permitindo de antemão, o estabelecimento de um arcabouço estratigráfico preliminar vinculado a eventos transgressivos e regressivos.

As Superfícies de Máxima Regressão (**SMR**), assinaladas nas proximidades das bases dos pacotes arenosos correspondentes, foram numeradas seqüencialmente à medida que iam sendo reconhecidas ao longo dos levantamentos de perfis desde a costa leste até a costa oeste da ilha de Santa Bárbara. Ao todo foram identificadas quatro superfícies dessa natureza: SMR-1 a SMR-4.

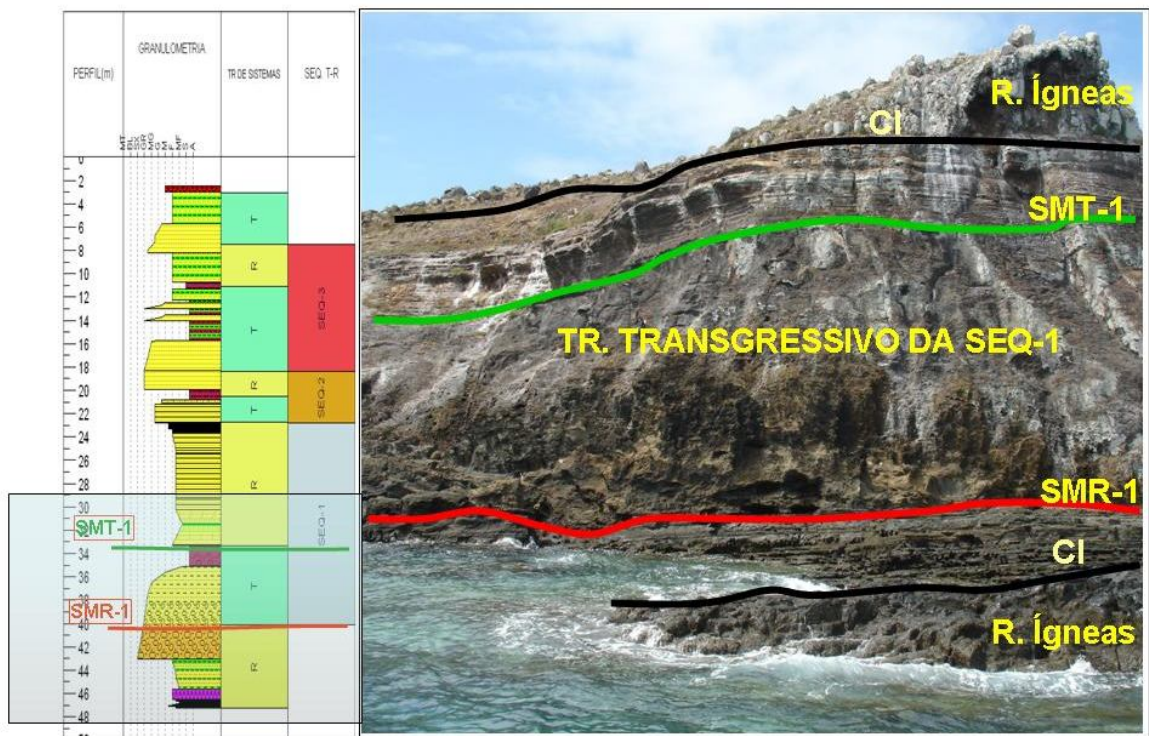


Figura 82 – SEQ-1 E superfícies estratigráficas identificadas nos afloramentos da costa leste e contatos com intrusivas (CI) da Ilha de Santa Bárbara.

As **Superfícies de Máxima Regressão** foram assinaladas nas proximidades das bases dos pacotes de arenitos médios a grossos e de paraconglomerados que compõem as associações de fácies AF1 AF3 e AF4. As associações de fácies posicionadas abaixo destas superfícies apresentam sugestivo padrão progradacional.

As Superfícies de Máxima Transgressão (**SMT**) ocorrem internamente a sequência e separam o Trato de sistema transgressivo (TST) do trato de sistema regressivo (TSR). Estas superfícies foram assinaladas na mudança de um padrão retrogradacional para um padrão progradacional. Geralmente estão posicionadas dentro de pacote de pelitos ou ritmitos com marcas onduladas da associação de fácies de shoreface inferior (AF1)(Figuras 88 e 89) produzidas por correntes e/ou por ondas no shoreface superior durante a transgressão da linha de costa.



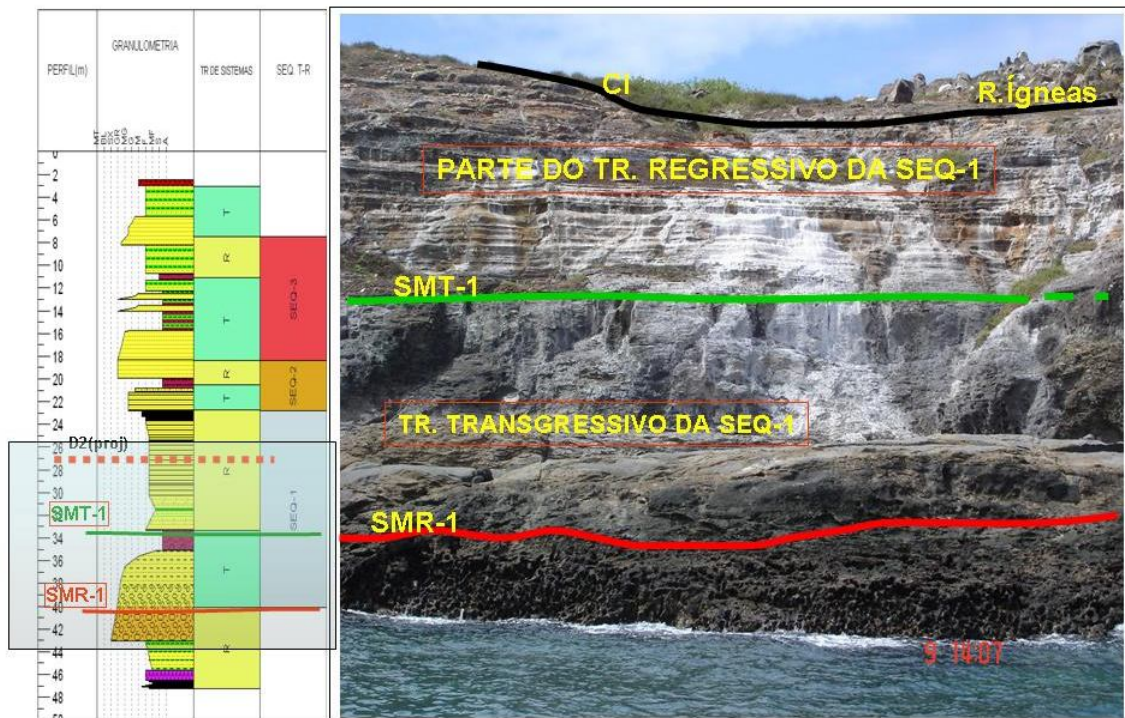


Figura 83 – SEQ-1 e superfícies estratigráficas identificadas nos afloramentos da costa sudeste Ilha de Santa Bárbara e contato com intrusiva (CI).

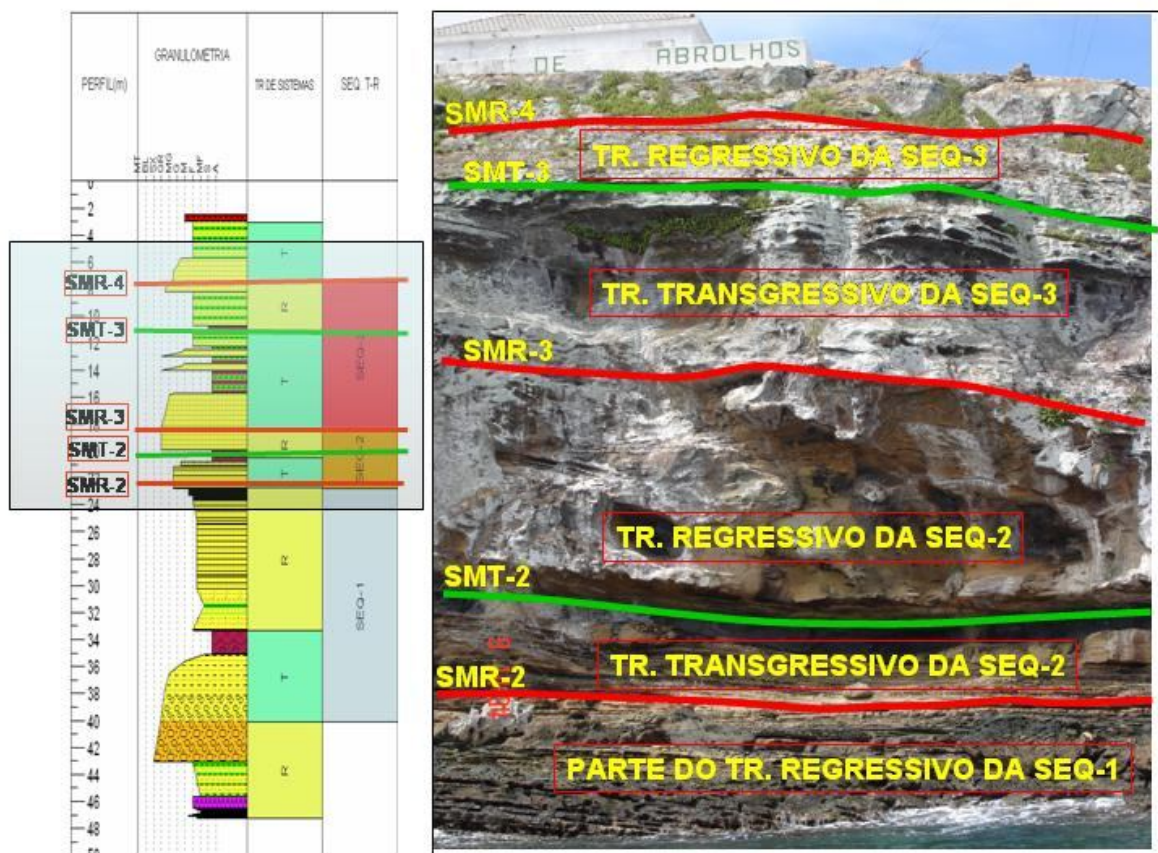


Figura 84 – SEQ-1 e SEQ-2 e superfícies estratigráficas identificadas nos afloramentos da costa sul da Ilha de Santa Bárbara.



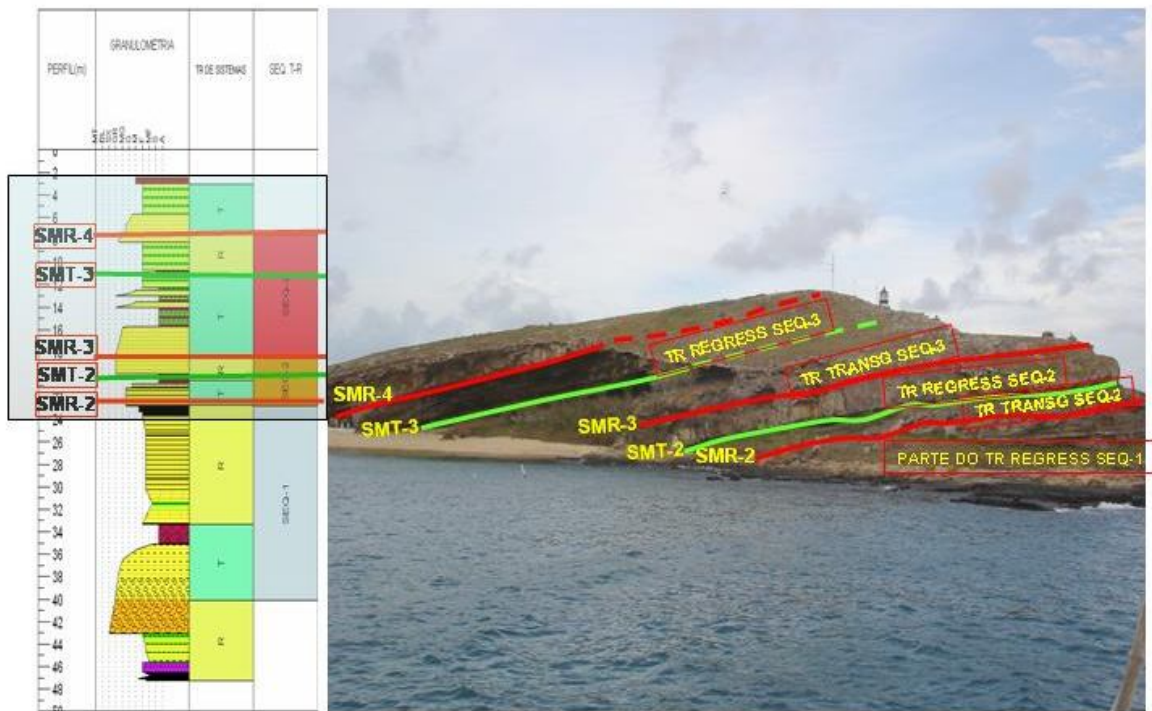


Figura 85 – SEQ-2 e SEQ-3 e superfícies estratigráficas identificadas nos afloramentos da costa sudoeste da Ilha de Santa Bárbara.

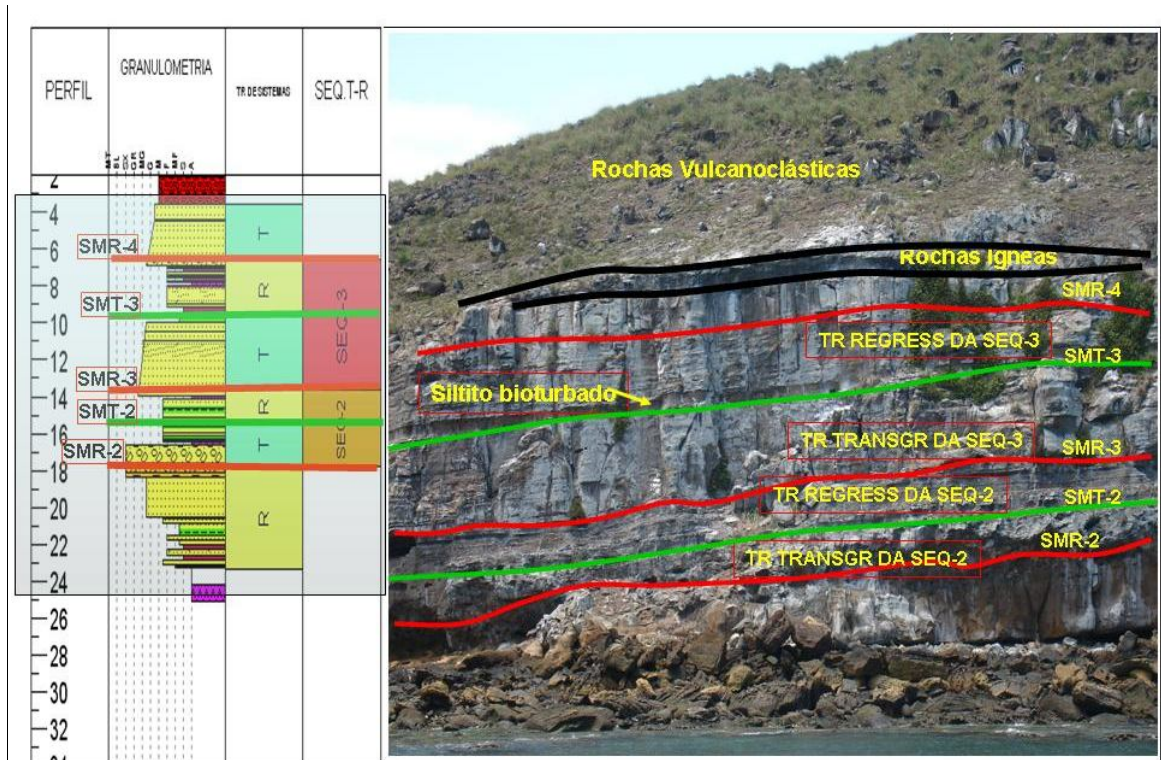


Figura 86 – SEQ-2 e SEQ-3 e superfícies estratigráficas identificadas nos afloramentos da costa oeste da Ilha de Santa Bárbara e contatos com ígneas e vulcanoclásticas.

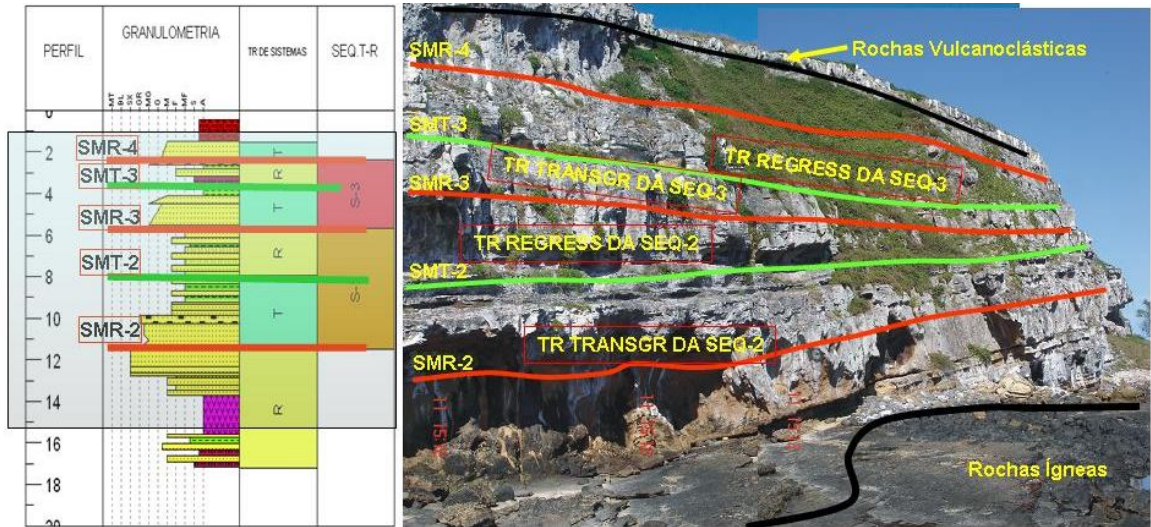


Figura 87 – SEQ-2 e SEQ-3 e superfícies estratigráficas identificadas nos afloramentos da costa sudoeste da Ilha Redonda e contatos com ígneas e vulcanoclásticas.



Figura 88 – Superfície marcada por ondulações produzidas por retrabalhamento (SMT-1) (costa leste da Ilha de Santa Bárbara)



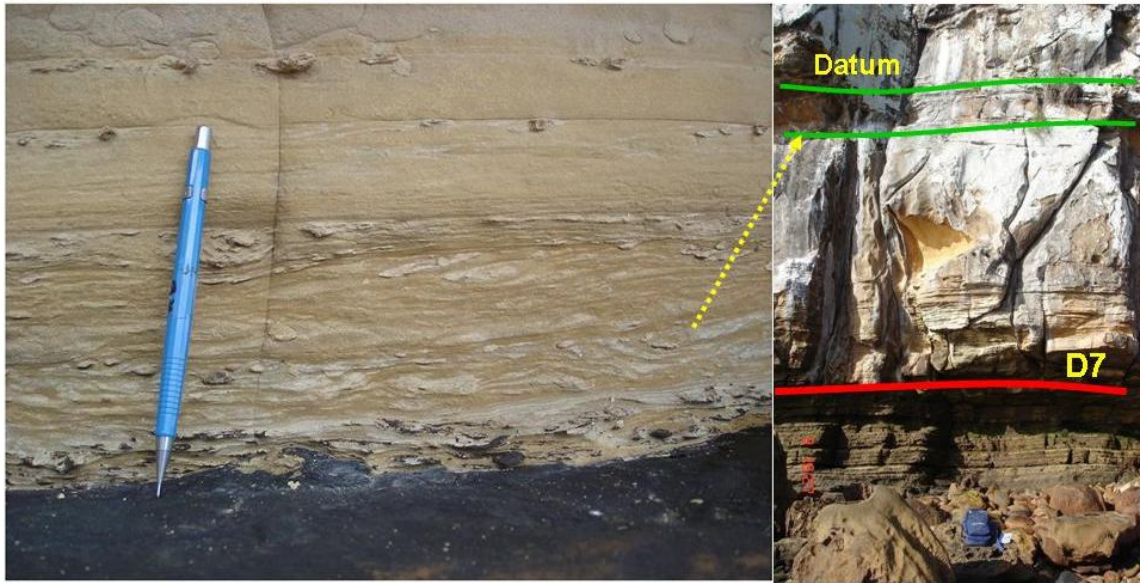


Figura 89 – Camada de siltito bioturbado representando uma Superfície Transgressiva (costa oeste da Ilha de Santa. Bárbara)

Algumas destas superfícies, nos afloramentos, não estão tão bem definidas como sendo de máxima transgressão. Ainda assim, podem ser interpretadas como superfícies correlatas, a exemplo da camada mostrada na Figura 90, na qual o pelito ocorre com pequena espessura.

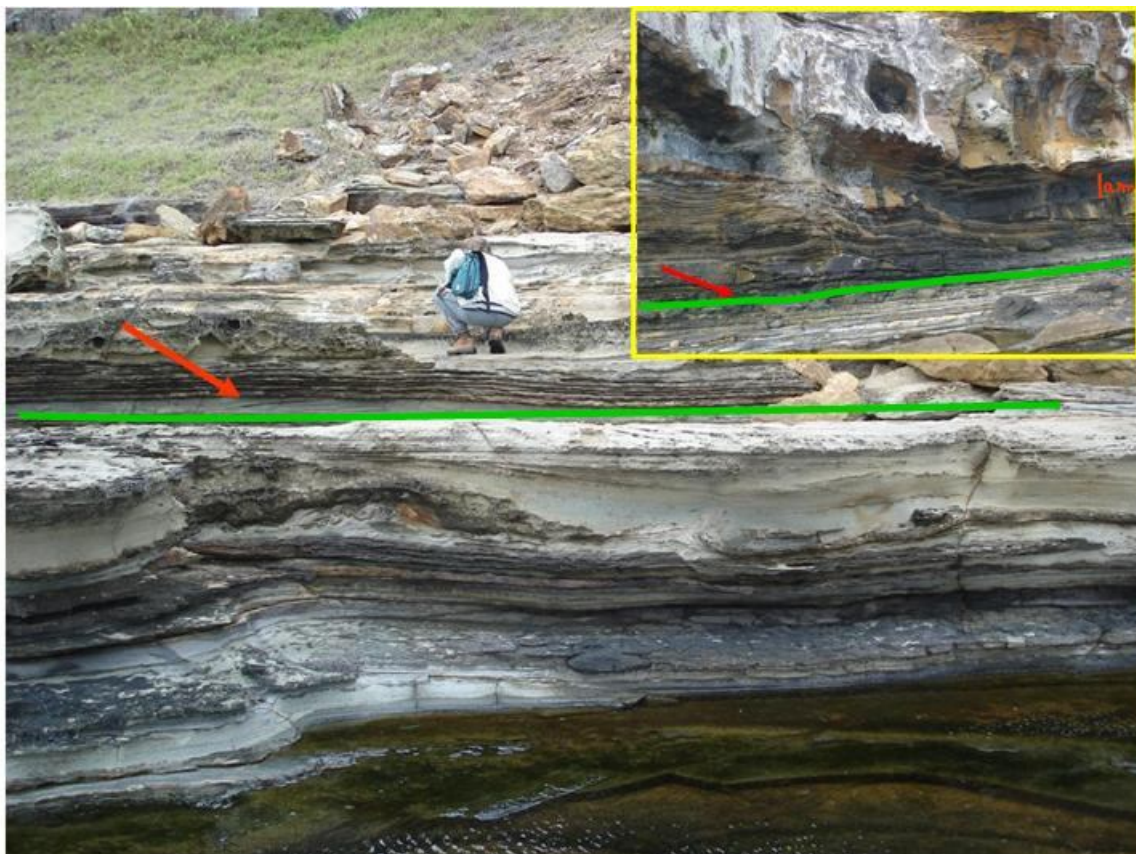


Figura 90 – Camada de pelito representando uma SMT correlata (costa sul da Ilha de Santa. Bárbara)

### 5.1.3 – Sequências T-R

A partir do reconhecimento e da delimitação dos padrões de empilhamento das superfícies cronoestratigráficas nos perfis litológicos levantados nos afloramentos, foram identificadas três Sequências T-R de 3ª ordem (Figuras 82 até 87) de acordo com a classificação de Vail *et al.*, (1991) (Figura 91). Estas Sequências são formadas por sucessões de tratos transgressivos e regressivos nos quais internamente estão contidos ciclos de parassequências que representam variações de maior ordem. (Vide Anexo 2 - mapa de localização dos perfis litológicos com os ciclos de parassequências na Ilha de Santa Bárbara).

Ao longo das sequências, foram constatadas uma diminuição da ocorrência dos depósitos da associação de fácies de *shoreface* inferior direção ao topo da seção estudada, em detrimento da predominância dos sistemas deltaicos proximais, determinando uma tendência geral regressiva. Esta tendência regressiva indica uma progressiva diminuição da razão entre a taxa de criação de espaço de acomodação e a taxa de influxo sedimentar.

<b>Hirarquia dos ciclos (Vail et al., 1991):</b>			
Ordem	Duração (M.a.)	Unidade	Mecanismo
1 <sup>a</sup>	>50	Megassequência Superciclo, etc.	Formação continentes Transição Rift/Drift
2 <sup>a</sup>	3,0 – 50	Conj. de sequências	Taxas de acreção crustal
3 <sup>a</sup>	0,5 – 3,0	Sequência	Esforços intraplaca, Eustasia Geoidal, Migração Polar, etc.
4 <sup>a</sup>	0,08 – 0,5	C. parassequências	Variações orbitais da Terra (Ciclos de Milankovitch)
5 <sup>a</sup>	0,03 – 0,08	Parassequência	
6 <sup>a</sup>	0,01 – 0,03	Conj. de camadas	
---	10 – 10 <sup>3</sup> anos	Camada	Processos episódicos

Figura 91 – Classificação hierárquica dos ciclos deposicionais (Vail et al., 1991).

#### 5.1.4 – Fatores controladores da sedimentação

As sequências T-R identificadas no presente trabalho devem representar ciclos sedimentares de 4<sup>a</sup> ou 5<sup>a</sup> ordem, que refletem um variação na razão da taxa de criação de acomodação/ taxa de suprimento sedimentar (A/S) ao longo do tempo. Um aumento na razão A/S gera um padrão retrogradacional enquanto um decréscimo na taxa A/S resulta em um padrão progradacional. O difícil é definir se as variações na razão A/S são consequência de oscilações no nível relativo do mar, que controla a acomodação, ou no suprimento sedimentar. Normalmente, a estratigrafia de sequência fixa o influxo sedimentar, admitindo que somente as variações do nível relativo do mar controlam a razão A/S. Entretanto, a presença de grande quantidade de vulcanoclastos nos arenitos, compondo o arcabouço de diversas litofácies, sugere que possa existir um relativo sincronismo entre disponibilização e transporte de sedimentos e o magmatismo. Este fato, pode indicar que o influxo sedimentar não foi constante ao longo do tempo, podendo ter controlado as variações na razão A/S e, por consequência, ter gerado as sequências T-R definidas na área de estudo.



## CAPÍTULO VI: CONCLUSÕES

As conclusões aqui apresentadas, em conformidade com os objetivos definidos inicialmente para o estudo, envolvem as principais observações verificadas na análise sedimentológica e estratigráfica da seção aflorante no arquipélago de Abrolhos.

- Com base nas características litológicas, texturais, geométricas e estruturais, foram individualizadas 15 litofácies, que feletem diferentes processos sedimentares. O agrupamento destas litofácies permitiu a definição de quatro associações de fácies, denominadas de AF1 a AF4.
- As associações de litofácies AF1 e AF2 formadas por sedimentos vinculados a ambiente de shoreface inferior a shoreface médio foram interpretados como depósitos de correntes de baixa densidade com atuação de tração e decantação, movimentos oscilatórios e possíveis fluxos combinados. As associações litofácies AF3 e AF4, formadas por fácies de frentes deltaicas proximais, fluxos não canalizados e fluxos gravitacionais subaquosos e/ ou subaéreo.
- O empilhamento das associações de fácies, associado as suas correlações laterais, permitiram a definição de três Sequências Transgressivas-Regressivas, limitadas por superfícies de máxima regressão e compostas internamente por tratos transgressivos e tratos regressivos, A superfície de máxima transgressão separa os tratos de sistemas transgressivo (abaixo) e regressivo (acima da superfície).
- As superfícies de máxima transgressão foram assinaladas na mudança de um padrão retrogradacional para um padrão progradacional. E normalmente estão posicionadas dentro de pacote de pelitos ou ritmitos com marcas onduladas da associação de fácies de shoreface inferior (AF1). As superfícies de máxima regressão, por sua vez,

marcam a mudança de uma padrão progradacional para um retrogradacional, estando posicionadas na base ou na porção inferior dos pacotes de arenitos médios a grossos e de paraconglomerados que compõem as associações de fácies AF3 e AF4.

- O aprofundamento dos estudos voltados para geologia estrutural em Abrolhos pode incorporar importantes informações relacionadas à tectônica regional.
- Esse trabalho é mais um exemplo da eficiência da integração das ferramentas sedimentologia e estratigrafia de sequências na caracterização de modelos análogos recentes. Tal caracterização tem aplicação imediata nas avaliações de depósitos antigos, o que do ponto de vista exploracionista constitui ainda um desafio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, F.F.M., Carneiro, C.D.R. & Misuzaki, A.M.P., 1996. Correlação magmatismo das bacias da margem continental brasileira com o das áreas emersas adjacentes. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 26, n.3, p. 125-138.
- Almeida, F.F.M. de, 2006. Ilhas oceânicas brasileiras e suas relações com a tectônica atlântica. *Terrae Didatica*, 2(1) :3-18.
- Asmus, H.E., Gomes, J.B., & Pereira, A.C.B., 1971. Integração geológica regional da bacia do Espírito Santo. *Anais do XXV Congresso Brasileiro de Geologia*, v.3, p. 235-252.
- Biassusi, A.S. 1996. Análise estratigráfica do Terciário Inferior da Bacia do Espírito Santo, Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 84p.
- Bouma, A.H. 1962. *Sedimentology of Some Flysch Deposits: A Graphic Approach to Facies Interpretation*, 168pp. Elsevier, Amsterdam. 10.1, 10.2.3.
- Catuneanu, O., 2006. *Principles of Sequence Stratigraphy*. Amsterdam Elsevier 2006. 375p.
- Collinson, J.D. 1996. Alluvial sediments. In: READING, H.G.ed. *Sedimentary environments: Processes, facies and stratigraphy*. Oxford, Blackwell Science, p.37-82.
- Conceição, J.C.J.; Misuzaki, A.M.P.; Alves, D.B.; Szatmari, P. Controle tectônico do magmatismo meso-cenozoico no sul e sudeste do Brasil e seu papel na evolução das bacias sedimentares. Fase I: bacias do Espírito Santo, Mucuri e Cumuruxatiba. Rio de Janeiro: PETROBRAS. CENPES.SUPEP.DIVEX.SETEC, 1994. 96p. Relatório interno.



- Cordani, U.G., e Blazekovic, A., 1970. Idades radiométricas das rochas vulcânicas dos Abrolhos, In: Congresso Brasileiro de Geologia, 24, Brasília, 1970. Anais..., Brasília, SBG, p.265-270.
- Della Fávera, J.C., 2001. Fundamentos de Estratigrafia Moderna. Ed. da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 264p.
- Embry, A.F., 2002, Transgressive-regressive (T-R) sequence stratigraphy, in Armentrout, J.C. and Rosen, N.C. (eds.), Sequence Stratigraphic Models for Exploration and Production: Evolving Methodology, Emerging Models and Application Histories: 22<sup>nd</sup> Annual Gulf Coast section SEPM Foundation Bob F. Perkins Research Conference, p.151-172.
- Félix, L. M. 2000, Controles Estratigráficos dos padrões diagenéticos nos Arenitos Mucuri, Andar Alagoas – Bacia do Espírito Santo, dissertação de mestrado, p.15-29.
- Flicoteaux, R. & Melfi, A., 1999. Les croûtes phosphatées des basaltes de l'archipel d'Abrolhos (Bahia, Brésil) : des roches formées au Quaternaire récent à partir de guanos. C.R.Acad. Sci. Paris, Sciences de la Terre et des planètes/Earth and Planetary Sciences 330 (2000) 193-200.
- Fodor, R. R.V., Mukasa, S.B., Gomes, C.B., Cordani, U.G. 1989. Ti-rich Eocene basaltic rocks, Abrolhos platform, offshore Brazil, 18° South: petrology with respect to South Atlantic magmatism. Journal of Petrology, v. 30, p 763-786.
- França, R.L., 2004. Bacias Sedimentares Brasileiras. Bacia do Mucuri. Fundação Paleontológica Phoenix, Ano 6, Número 62, Fevereiro 2004.
- Frey, R.W., 1990. Trace fossil and hummocky cross-stratification, Upper Cretaceous of Utah. *Palaios*, 5:203-218.
- Galloway, W.E. 1989. Genetic stratigraphic sequences in basin analysis. In: architecture and genesis of flooding-surface bounded depositional units. American Petrology and geological Bulletin, 73: 125-142.

- Gomes, J.B., Carvalho, R.S., Lima, F.R.T., Abdalla, E.T.C. Revisão Geológica Regional da Bacia do Espírito Santo. DEPEX/DIRNEM/SEBES, Relatório Interno. 1988.
- Guerra, M.C.V., Szatmari, P., Conceição, J.C.J., Abdalla, E.T.C., & Cobbold, P.R., 1992. Fluxo de sal na Bacia do Espírito Santo e seu relacionamento ao vulcanismo de Abrolhos. Rel. Int. Petrobras – Cenpes, 27p.
- Hartt, C.F., 1870. Geology and Physical Geography of Brazil, Boston Fields, Osgood and CO. 620p.
- Hartt, C.F., 1941. Geologia e Geografia Física do Brasil. Trad. por Edgar Sussekind de Mendonça e Elias Daliniti. São Paulo: Cia. Editora Nacional 649p (Coleção Brasileira V200). Traduzido do original de 1870, "Geology and Physical Geography of Brazil".
- Jervey, M.T., 1988. Quantitative geological modeling of siliciclastic rock sequences and their seismic expression. In Wilgus, C.K. *et al.*, orgs.: Sea-level change and integrated approach. SEPM, Spec. Public. 42, pp.47-69.
- Kreisa, R.D., e Moiola, R.J., 1986. Sigmoidal tidal bundles and other tide-generated sedimentary structures of the Curtis Formation, Utah Geological Society of América Bulletin. 97:381-387.
- Leão, Z.M., 1999. Abrolhos o complexo recifal mais extenso do Oceano Atlantico Sul. In Schobbenhaus, C; Campos, D.A; Queiroz, E.T; et al (Edit) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil.
- Lowe, D.R., 1982. Sediment gravity flows: Depositional models with special reference to the deposits of high density turbidity currents. Journal of Sedimentary Petrology, Tulsa, Okla., v.52, p. 279-297.
- Martins, A.G., Olavo, G., Costa, P.A.S. 2007. Padrões de distribuição e estrutura de comunidades de grandes peixes recifais na costa central do Brasil. In: Costa,

- P.A.S.; Olavo, G.; Martins, A.S. (Eds) Biodiversidade da fauna marinha profunda na costa central brasileira. Rio de Janeiro: Museu Nacional, p.45-61 (Série Livros nº 24).
- MacEachern, J.A. e Pemberton, S.G., 1992. Ichnological aspects of Cretaceous shoreface successions and shoreface variability in the Western Interior Seaway of North America. In: Pemberton, S.G. (ed.), *Applications of ichnology to petroleum exploration – a core workshop*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Core Workshop, v. 17:57-84.
- Miall, A.D., 1996. The geology of fluvial deposits. New York, Springer-Verlag. 582 p. il.
- Miranda, J.L., 1995. Revisão e atualização dos dados geotérmicos das bacias do Espírito Santo e Mucuri. Rel. Int., PETROBRAS/E&P-ES/GEXP/GEAGEO, São Mateus.
- Mitchum, R.M.; Vail, P.R.; Thompson, S. 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part. 2: depositional sequence as a basic unit for stratigraphic analysis. In: Payton, C.E. (ed.). *Seismic stratigraphy – applications to hydrocarbon exploration*. Tulsa: American Association of petroleum Geologists Memoir 26, p. 53-62.
- Mizusaki, A.M.P., Thomaz-FILHO, A., Césero, P. de, 1998. Ages of the magmatism and the opening of the South Atlantic Ocean. UFRGS, Instituto de Geociências, Pesquisas, v.25, n.2, p.47-57.
- Misusaki, A.M.P.; Thomaz-FILHO, A. ; Milani, E.J. ; Césero, P. de. Mesozoic and Cenozoic igneous activity and its tectonic control in northeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, Oxford, v.15, n.2, p. 183-198, 2002.
- Mohriak, W.U. Geologia da região de Abrolhos: Estratigrafia e Sedimentologia das ilhas de Santa Bárbara e Redonda. Rio de Janeiro: PETROBRAS/E&P. TI/TI. E&P-DTEP, 2004. 94p. Relatório Interno.



- MOHRIAK, W.U. Geologia da região de Abrolhos Ilhas de Santa Bárbara e Siriba. Rio de Janeiro: Petrobras. Gedoc, 2002. 24 p. Relatório Interno.
- Mutti, E., Tinterri, R., Remacha, E., Mavilla, N., Angella, S. & Fava, L. 1999. Un introduction to the analysis of ancient turbidite basin from an outcrop perspective. AAPG : Tulsa.
- NETTO, R.G., 2005. Gyrolithes em depósitos Permianos: uma estratégia para ambientes estressados.
- NOTTVEDT, A. e KREISA, R. D., 1987. Model for the combined-flow origin of hummocky cross-stratification. GEOLOGY, v.15, p.357-361, April 1987.
- Oliveira e Leonardos, 1943
- OWEN, G., 2003. Load structures: gravity-driven sediment mobilization in the shallow subsurface. In: Van Rensebergen, P., Hillis, R.R., Maltman, A.J., Morley, C.K., (Eds), Subsurface Sediment Mobilization. Geological Society, London, Special Publications; v. 216; p. 21-34.
- Pemberton, S.G., and Wightman, D.M., 1992, Ichnological characteristics of brackish water deposits, in Pemberton, S.G., (ed.), *Applications of ichnology to petroleum exploration – a core workshop*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Core Workshop, v. 17:141-167.
- Posamentier, H.W. & Vail, P.R., 1988. Eustatic controls on clastic deposition II - Sequence and Systems Tract Models. In: Wilgus, C.K.; Hastings, B.S., Kendall, C.G.S.C., Posamentier, H.W., Ross, C.A., Van Wagoner, J.C. (eds). Sea-level changes: an integrated approach. Tulsa: Society Of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication 42, p.125-154.

- Parsons, M., MacQueen, J., Undli, T.H., Bernstad, S., Horstad, I. A tale of three Methods: Volcanics in the Abrolhos Bank, Brazil. In: International Congress of the Society of Exploration Geophysicists, 2001, Abstract volume, 2001.
- Posamentier, H.W. & Vail, P.R., 1988. Eustatic controls on clastic deposition I - Conceptual Framework. In: Wilgus, C.K.; Hastings, B.S., Kendall, C.G.S.C., Posamentier, H.W., Ross, C.A., Van Wagoner, J.C. (eds). Sea-level changes: an integrated approach. Tulsa: Society Of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication 42, p.109-124.
- Posamentier, H. & Allen, G.P. 1999. Siliciclastic Sequence Stratigraphy-Concepts and Applications, 195p.
- Reineck & Sing, 1975. Depositional Sedimentary Environments with Reference to Terrigenous Clastics. Springer-Verlag, 383-384. p439.
- Rodovalho, N., 2003. Bacias Sedimentares Brasileiras. Bacia de Cumuruxatiba. Fundação Paleontológica Phoenix, Ano 5, Número 60, Dezembro 2003.
- Rossetti, D.F., 1999. Soft-sediment deformation structures in late Albian to Cenomanian deposits, São Luís Basin, northern Brazil: evidence for palaeoseismicity. *Sedimentology*, 46: 1065-1065-1081.
- Rossetti, D.F., Góes, A.M. 2003. Caracterização Paleoambiental de Depósitos Albianos na Borda Sul da bacia de São Luis-Grajaú: Modelo de Delta Fluvial Influenciado por Tempestade. *Revista Brasileira de Geociências*, 33(3):299-312. p303.
- Seilacher, A. 1964. Sedimentological classification and nomenclature of trace fossils. *Sedimentology*, 3:253-256.
- Sobreira, J.F.F., Szatmari, P. Datações Ar-Ar das rochas vulcânicas de Abrolhos e implicações para a evolução da Margem Continental Leste Brasileira no Terciário. In : Congresso Brasileiro de Geologia, 41., 2002, João Pessoa, PA.

Anais...João Pessoa: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo do Nordeste, 2002. p. 395.

Sobreira, J.F.F., Szatmari, P. Novas datações Ar-Ar para as rochas vulcânicas de Abrolhos e implicações para a evolução da Margem Continental Leste Brasileira. In: Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 8., 2001, Recife. Anais... Recife: Sociedade Brasileira de Geologia, 2001. p.31.

Sobreira, J.F.F. Complexo Vulcânico e Abrolhos: proposta de modelo tectono-magmático. In Congresso Brasileiro de Geologia, 39, 1996, Salvador, 1996, Anais... São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1996. v.5, p. 387-391.

Souza Cruz, C.E., *et al.* 2006. Roteiro Geológico ao Arquipélago de Abrolhos. Relatório Interno Petrobrás, E&P-EXP (IABLPN/OS) (Gerência de Interpretação e Avaliação das Bacias da Costa Leste/Nordeste – Pólo Sul.

Vail, 1987 – Memoir #26, cap. 5

Vail, P. R., Audemard, F.; Bowman, S.A.; Eisner, P.N.; Perez-Cruz, C. 1991. The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentology - an overview. In: Einsele, G.; Ricken, W.; Seilacher, A. eds. *Cycles and Events in Stratigraphy*. Berlin-Heidelberg, Springer-Verlag. p. 617-659.

Valente, S., 2007. Encontro Petrobras UN-ES – UERJ – UFRJ. Tema: Abrolhos. Vitória, 17-18 abril, 2007.

Van Wagoner, J.C., Posamentier, H.W., Mitchum, R.M., Vail, P.R., Sarg, J.F., Loutit, T.S., Hardenbol, J. 1988. An overview of sequence stratigraphy and key definitions. In Wilgus, C.K., Hastings, B.S., Kendall, C.G.S.C., Posamentier, H.W., Ross, C.A., Van Wagoner, J.C. (eds.). *Sea-level changes: an integrated approach*. Tulsa: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication 42, p.39-45.



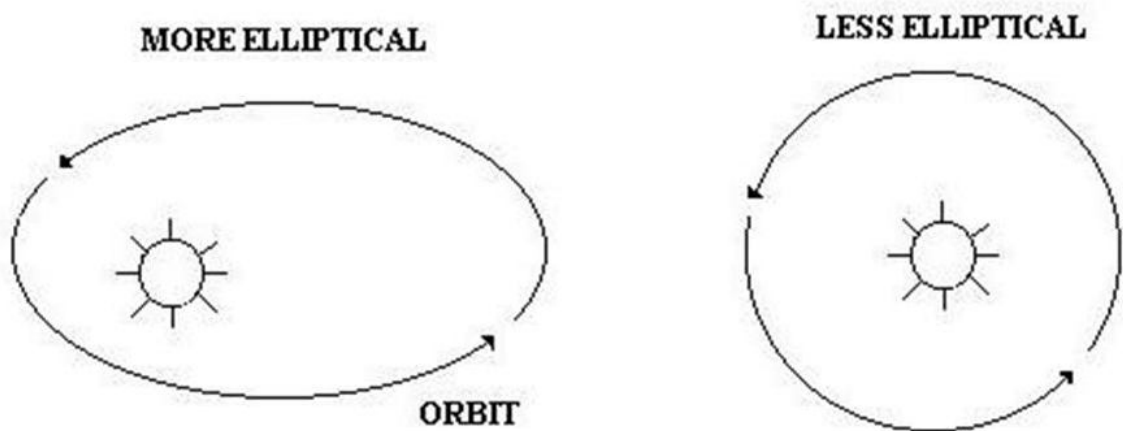
- Van Wagoner, J.C. et alii, 1990. Siliciclastic Sequence Stratigraphy in Well Logs, Cores and Outcrops. AAPG Methods in Exploration Series, nº 7: 55p.
- Vieira, P.E., Biassusi, A.S., Brandão, J.R. Arcabouço Preditivo de Fácies Arenosas no Terciário Offshore da Bacia do Espírito Santo. II Simpósio sobre Turbiditos. Rio de Janeiro 9-11/11/1999. Petrobras/Serec/Censud.
- Vieira, R.A.B. et al., 1993. Revisão Estratigráfica das Bacias do Espírito Santo e Mucuri. Petrobras/Dexes/Serint, (São Mateus), Relat. Int. Setembro, 1993. 34p.
- Vieira, R.A.B. 1998. Análise Estratigráfica e Evolução Paleogeográfica da Seção Neoaptiana na Porção Sul da Plataforma e São Mateus, Bacia do Espírito Santo, Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 158p.

## ANEXO I

### Ciclos de Milankovitch

(fonte: [www.homepage.montana.edu/~geol445/hyperglac/time1/milankov.htm](http://www.homepage.montana.edu/~geol445/hyperglac/time1/milankov.htm))

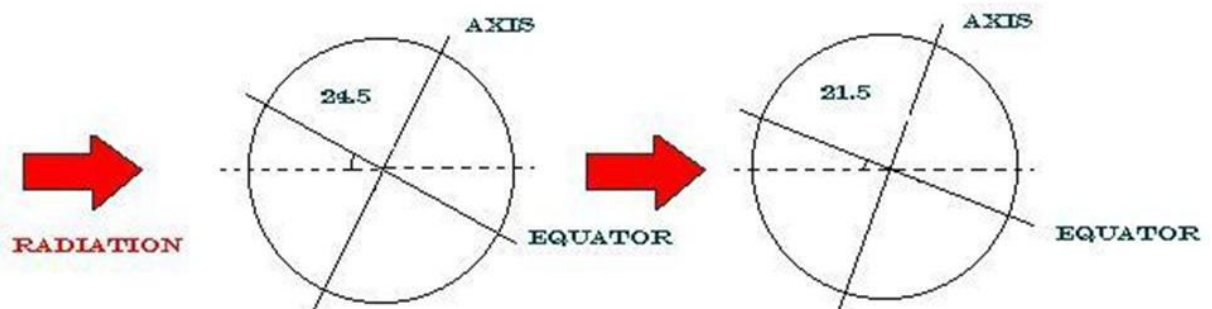
### ECCENTRICITY



PERIODICITY:

100,000 YEARS

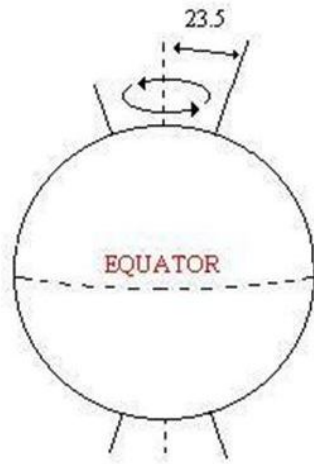
### AXIAL TILT



PERIODICITY:

41,000 YEARS

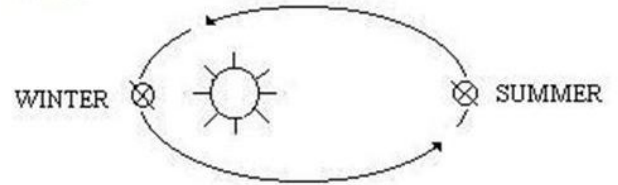
## PRECESSION



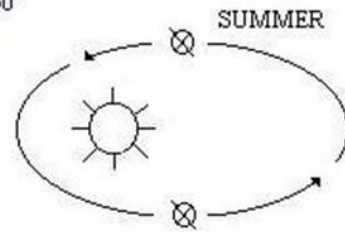
**PERIODICITY:**

**C. 23,000 YEARS**

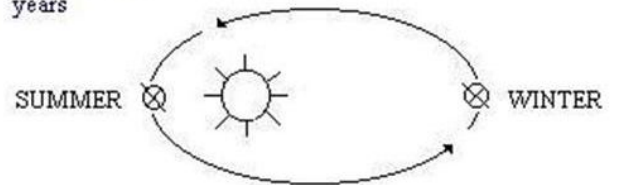
1. Now



2. In c. 5,250 years



3. In c. 10,500 years





## ANEXO II

Mapa de localização dos perfis litológicos com os ciclos de parassequências na Ilha de Santa Bárbara (modificado do mapa geológico expedito do Arquipélago de Abrolhos. CPRM/Petrobras/UERJ/UFRRJ)

