



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

CAMILA ELIZA ALTHAUS

**ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DA PORÇÃO SUPERIOR DO MEMBRO  
MUCURI, FORMAÇÃO MARIRICU, APTIANO, *ONSHORE* DA BACIA  
DO ESPÍRITO SANTO**

Porto Alegre – Rio Grande do Sul  
2017

CAMILA ELIZA ALTHAUS

**ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DA PORÇÃO SUPERIOR DO MEMBRO  
MUCURI, FORMAÇÃO MARIRICU, APTIANO, *ONSHORE* DA BACIA  
DO ESPÍRITO SANTO**

Monografia apresentada a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Geologia.

**Orientador:** Claiton Marlon dos Santos Scherer  
**Supervisor:** Adriano Domingos dos Reis

Porto Alegre – Rio Grande do Sul  
2017

## UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

**Reitor:** Rui Vicente Oppermann

**Vice-Reitor:** Jane Fraga Tutikian

## INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**Diretor:** André Sampaio Mexias

**Vice-Diretor:** Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Althaus, Camila Eliza

Análise estratigráfica da porção superior do Membro Mucuri, Formação Mariricu, Aptiano, *Onshore* da Bacia do Espírito Santo. / Camila Eliza Althaus. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2017. [67 f.] il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia). - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2017.

Orientador(es): Claiton Marlon dos Santos Scherer

1. Membro Mucuri. 2. Formação Mariricu. 3. Aptiano. 4. Bacia do Espírito Santo. 5. Estratigrafia de alta resolução. I. Título.

CDU 551.7

---

Catálogo na Publicação

Biblioteca Instituto de Geociências - UFRGS

Renata Cristina Grun

CRB 10/1113

CAMILA ELIZA ALTHAUS

**ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DA PORÇÃO SUPERIOR DO MEMBRO  
MUCURI, FORMAÇÃO MARIRICU, APTIANO, *ONSHORE* DA BACIA  
DO ESPÍRITO SANTO**

Monografia apresentada a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Geologia.

**Orientador:** Claiton Marlon dos Santos Scherer

**Supervisor:** Adriano Domingos dos Reis

BANCA EXAMINADORA

---

Dr. Anderson J. Maraschin

---

Dra. Renata Alvarenga Kuchle

---

Ma. Rosalia Barili

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em especial ao Instituto de Geociências e seus professores, pelo ensino de qualidade. A Agência Nacional do Petróleo (PRH-ANP) pela bolsa de iniciação científica concedida e ao Projeto “Estudo geológico integrado da Formação Mucuri da Bacia do Espírito Santo” e toda a sua equipe, que viabilizaram a realização deste projeto temático.

A minha família, pelo amor e apoio. Aos meus pais, Aldino e Bernadete, por serem os maiores incentivadores dessa conquista e por me mostrarem o valor de uma família. Ao Dudu e a Cris, por todos os momentos de amor e briga e por saber que sempre terei com quem contar. Ao Erik, por estar comigo desde o início desta caminhada e de tantas outras que estão por vir! Amo vocês!

Ao Claiton, pela orientação, amizade e por sempre nos lembrar que no fim das contas, o que importa são os laços que criamos na vida. Ao Adriano, pela orientação e amizade, por sempre responder todos os meus questionamentos nas crises do temático e nunca perder a paciência! Ao João, pela ajuda criativa em todo o trabalho e ao Juliano, pela orientação em alguns momentos! Muito obrigada por compartilharem o conhecimento de vocês!

Aos “Geobrothers” Fernando, Joana, Luan, Luis Felipe, Manu, Natália e Rafael, pela amizade construída e celebrada em cada churrasco. Agradeço também ao professor Frank, pela amizade e apoio desde o início do curso! Aos tantos amigos que fiz na Estratigrafia, fica difícil citar todo mundo, agradeço pela convivência diária, pelas conversas no café, por deixarem os dias sempre mais leves e pelas experiências compartilhadas!

Por fim, agradeço a todos, que de uma forma ou de outra, fizeram parte desta etapa! É muito bom poder concluir ciclos rodeada por tantas pessoas boas!

*“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.”*

Cora Coralina

## RESUMO

A Bacia do Espírito Santo é uma das Bacias Marginais Brasileiras formadas durante a abertura do Oceano Atlântico Sul, e devido a importantes acumulações de hidrocarbonetos, tem sido alvo de muitos estudos. Este projeto temático tem como objetivo principal estabelecer o modelo deposicional do topo do Membro Mucuri (Formação Mariricu), na transição para os evaporitos do Membro Itaúnas, visto que o modelo deposicional e a evolução estratigráfica deste intervalo ainda são alvos de discussões. A partir da descrição de testemunhos de sondagem em escala de detalhe (1:50) associados a interpretação das curvas de raios gama, foram identificadas 17 litofácies, que permitiram a identificação de quatro associações de fácies: depósitos fluviais fracamente canalizados, *shoreface* superior, *shoreface* inferior e *offshore*. As associações de fácies ocorrem na forma de ciclos de alta frequência com simetrias distintas, definindo padrões regressivos (ciclos R), transgressivos (ciclos T) ou transgressivos-regressivos (ciclos T-R). Estes ciclos se alternam na sucessão estratigráfica do Membro Mucuri sem a predominância de um padrão em relação aos outros. A sucessão estratigráfica indica que a passagem dos depósitos siliciclásticos do Membro Mucuri para os evaporitos do Membro Itaúnas não ocorreu de forma gradual e sim por meio de um afogamento abrupto da bacia. Este afogamento sugere uma transição de um ambiente de lago dominado por ondas (Membro Mucuri) para um ambiente marinho restrito (Membro Itaúnas).

**Palavras-Chave:** Membro Mucuri. Formação Mariricu. Aptiano. Bacia do Espírito Santo. Estratigrafia de alta resolução.

## ABSTRACT

The Espírito Santo Basin is one of the Brazilian Marginal Basins formed during the opening of the South Atlantic Ocean, and has been the subject of many studies due to its important accumulations of hydrocarbons. The present project has for main objective to establish the depositional model from the top of the Mucuri Member (Mariricu Formation), in the transition to Itaúnas Member evaporites, since the depositional model and the stratigraphic evolution of this interval are still the subject of discussions. From core description in detailed scale (1:50) associated with interpretation of gamma ray curves, 17 lithofacies were identified, which allowed identification of four facies associations: weakly channelized river deposits, upper *shoreface*, lower *shoreface* and *offshore*. Facies associations occur as high frequency cycles with distinct symmetries, defining regressive (R cycles), transgressive (T cycles) or transgressive-regressive (T-R cycles) patterns. These cycles alternate themselves proportionally in the Mucuri Member stratigraphic succession. The succession studied indicates that the transition between Mucuri Member siliciclastic deposits and Itaúnas Member evaporites did not occur gradually, but as an abrupt flooding of the basin. This flooding suggests a transition from a wave dominated lake environment (Mucuri Member) to a restricted marine environment (Itaúnas Member).

**Key words:** Mucuri Member, Mariricu Formation, Aptian, Espírito Santo Basin, High resolution stratigraphy.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Mapa destacando, em azul, a porção <i>offshore</i> e em bege a porção <i>onshore</i> da Bacia do Espírito Santo.....	14
Figura 2 - Carta cronoestratigráfica da Bacia do Espírito Santo (França et al., 2007) com destaque para os Membros Mucuri e Itaúnas, pertencentes a Formação Mariricu, Grupo Nativo, de Idade Aptiana.....	16
Figura 3 - Representação esquemática da morfologia dos ciclos R (regressivo), T-R (transgressivo-regressivo) e T (transgressivo). Abreviações: SIM - superfície de inundação máxima; SRM - superfície de regressão máxima; RS - superfície de ravinamento.....	22
Figura 4 - Mapa indicando a localização dos seis poços descritos. ....	26
Figura 5 - Detalhe do perfil composto do poço MUC-3 a partir do qual é obtido o perfil de raios gama (curva em azul), perfil litológico descrito a partir de amostras de calha, profundidade e porção testemunhada. ....	27
Figura 6 - Hierarquia de análise de fácies .....	28
Figura 7 - Folha de descrição com dados previamente inseridos para uso em campo. ....	29
Figura 8 - A – Conglomerado arenoso com grânulos e seixos subarredondados de quartzo e gnaiss, maciço (Gm). B – Arenito fino com marcas onduladas de onda/corrente (Swr) (1) e arenito fino, maciço (Sm) (2). C – Arenito grosso com laminação cruzada de marcas ondu onduladas (Sr) (1) e com estratificação cruzada de baixo ângulo (SI) (2). ....	35
Figura 9 - D – Arenito com estratificação cruzada de baixo ângulo (SI). E – Arenito fino com estratificação horizontal (Sh). F – Arenito com estratificação cruzada tangencial (St). ....	36
Figura 10 - G – Arenito médio com estratificação cruzada indistinta (Sx) e grânulos na base. H – Arenito fino com wave ripples (Sw) (1). I – Arenito fino com wave ripples (Sw). ....	36
Figura 11 - J – Arenito fino maciço (Sm) (1) e estratificação cruzada Swaley (Ssw) (2). K – Arenito fino deformado (Sd) (1). L – Siltito laminado (FI) e dobrado (1) e maciço (Fm) (2). ....	37

Figura 12 - M – Siltito laminado (Fm) com matéria orgânica dispersa. N – Heterolito wavy com alternância entre arenito muito fino com wave ripples e siltito laminado (Hwl). O – Anidrita nodular displaciva (En) deslocando a laminação dos siltitos (1) e substituindo a laminação anterior (2). .....	37
<b>Figura 13</b> - Perfil colunar (esquerda) descrito a partir do intervalo testemunhado (direita), exemplificando a associação de fácies Fluvial. ....	39
Figura 14 - Perfil colunar (esquerda) descrito a partir do intervalo testemunhado (direita), exemplificando a associação de fácies de <i>Shoreface</i> Superior. ....	41
Figura 15 - Perfil colunar (esquerda) descrito a partir do intervalo testemunhado (direita), exemplificando a associação de fácies de <i>Shoreface</i> Inferior. ....	43
Figura 16 - Perfil colunar (esquerda) descrito a partir do intervalo testemunhado (direita), exemplificando a associação de fácies de <i>Offshore</i> . ....	44
Figura 17 - Modelo deposicional da porção superior do Membro Mucuri. ....	45
Figura 18 - Inúmeros fluviais efêmeros sendo retrabalhados por ondas (B) na margem leste do Lago Turkana (A), um dos lagos do sistema de riftes do leste Africano. ....	47
Figura 19 - Delta dominado por ondas (B) localizado na borda leste do Lago Turkana (A), um dos lagos do sistema de riftes do leste Africano. ....	48
Figura 20 - Exemplo de ciclo transgressivo (seta verde), evidenciado pela sucessão de depósitos de <i>shoreface</i> superior (SS) seguidos de depósitos de <i>shoreface</i> inferior (SI). ....	49
Figura 21 - Exemplo de ciclo regressivo (seta vermelha) originado pelo empilhamento progradacional de associação de fácies de <i>shoreface</i> inferior (SI) sobre <i>offshore</i> (OFF), durante regressão normal. ....	50
Figura 22 - Exemplo de ciclo regressivo (seta vermelha), gerado pelo empilhamento progradacional de associação de fácies fluvial (FL) sobre <i>shoreface</i> inferior (SI), indicando regressão forçada. ....	51
Figura 23 - Ciclo T-R (setas azuis) originado a partir da deposição retrogradacional de associação de fácies fluvial (FL), seguida de <i>shoreface</i> inferior (SI) e <i>offshore</i> (OFF), gradando para um ciclo regressivo, com depósitos de <i>shoreface</i> inferior (SI). ....	52
Figura 24 - Gráficos ilustrando a frequência de ocorrência dos ciclos nos dois intervalos (T – transgressivo, R – regressivo, RF – regressivo (regressão forçada), T-R – transgressivo-regressivo). ....	53

Figura 25 - Gráficos ilustrando a frequência de ocorrência das associações de fácies nos dois intervalos (OFF – Associação de fácies de <i>offshore</i> , SS - Associação de fácies de <i>Shoreface</i> superior, SI – Associação de fácies de <i>Shoreface</i> Inferior, FL – Associação de fácies fluvial). .....	53
Figura 26 - Reconstituição palinspática da América do Sul e África com distribuição regional do sal aptiano superior, fase de mar restrito.....	54

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Fatores que atuam na formação de cada uma das sequências estratigráficas. Modificado de Catuneanu et al. (2012). .....	24
<b>Quadro 2</b> - Intervalos de profundidade testemunhados nos poços selecionados para descrição. ....	26
<b>Quadro 3</b> - Tabela de litofácies com seus respectivos códigos, descrições, interpretações, espessuras e fotos. ....	32

## SUMÁRIO

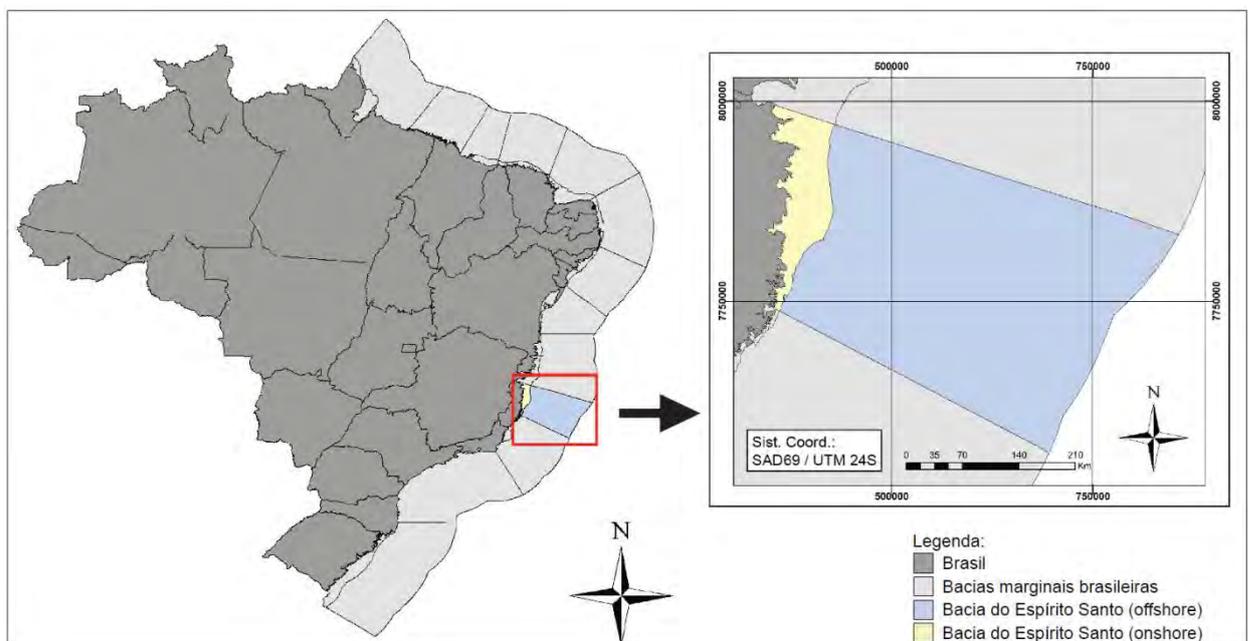
1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Localização e Contexto Geológico.....	14
1.2	Problema.....	18
1.3	Justificativa.....	18
1.4	Objetivos.....	19
2	ESTADO DA ARTE.....	20
2.1	Estratigrafia de Alta Resolução.....	20
2.1.1	Anatomia das Sequências.....	21
2.1.2	Controle das Sequências.....	22
3	MÉTODOS.....	25
3.1	Revisão Bibliográfica.....	25
3.2	Seleção de poços.....	25
3.3	Levantamento estratigráfico.....	27
3.3.1	Análise de Fácies.....	27
3.3.2	Perfil Colunar.....	29
3.4	Perfil de Raios Gama.....	30
3.5	Seções de correlação.....	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	32
4.1	Análise Faciológica.....	32
4.2	Associação de Fácies.....	38
4.3	Reconstrução Paleoambiental/ Evolução Estratigráfica.....	44
4.4	Ciclos Sedimentares.....	48
4.5	Evolução Estratigráfica: natureza do contato entre os Membros Mucuri e Itaúnas.....	52
5	CONCLUSÕES.....	56
	REFERÊNCIAS.....	57
	APÊNDICE.....	62

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Localização e Contexto Geológico

A Bacia do Espírito Santo localiza-se na Margem Leste Brasileira (Figura 1) e é delimitada a norte pela Bacia de Mucuri, através de um limite geográfico, a sul pela Bacia de Campos, através do Alto de Vitória, e a leste pelo Complexo Vulcânico de Abrolhos. Possui área total de aproximadamente 129.429 km<sup>2</sup> sendo 12.417 km<sup>2</sup> pertencentes à porção *onshore* e 117.012 km<sup>2</sup> à porção *offshore* (VIEIRA et al., 1994). É amplamente estudada por possuir significativas acumulações de hidrocarbonetos, tanto em *offshore* (principalmente na Formação Urucutuca e no pré-sal), quanto em *onshore* (Membro Mucuri - Formação Mariricu e Formação São Mateus) (FRANÇA et al., 2007).

**Figura 1-** Mapa destacando, em azul, a porção *offshore* e em bege a porção *onshore* da Bacia do Espírito Santo.



Esta bacia sedimentar formou-se durante os estágios iniciais de abertura do Oceano Atlântico Sul, evoluindo de um estágio inicial de sedimentação em bacias

*rifte* para um estágio *sag* e, posteriormente, para uma bacia do tipo margem passiva (FRANÇA et al., 2007). Estudos feitos através de centenas de poços exploratórios, linhas sísmicas e poços permitiram a confecção da primeira carta cronoestratigráfica apresentada por Asmus, Gomes e Pereira (1971). Através da aquisição e integração de novos dados, a carta cronoestratigráfica foi reeditada por Vieira et al. (1994). França et al. (2007) estabeleceram a mais recente carta da Bacia do Espírito Santo (Figura 2).

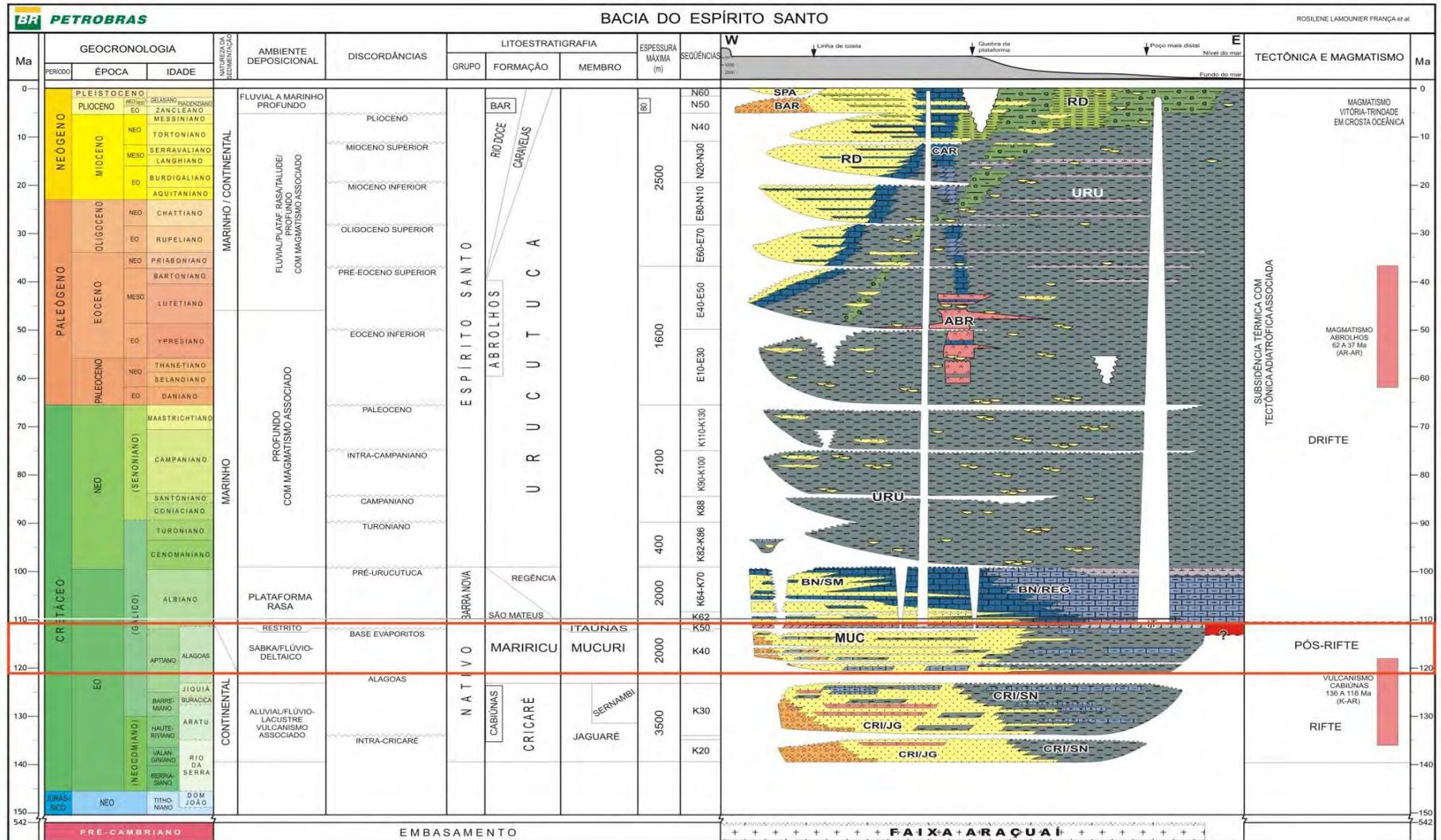
O embasamento da bacia é formado por gnaisses granatíferos, migmatitos, granulitos, e granitoides pertencentes à porção sudeste do Cráton do São Francisco e ao setor norte da Província Mantiqueira, parcialmente retrabalhado nos ciclos Transamazônico e Brasileiro (FRANÇA et al., 2007). O pacote sedimentar da Bacia inclui sedimentos com idades desde o Neocomiano até o recente (FRANÇA et al., 2007).

A base da bacia é representada pelo Grupo Nativo, eocretáceo (Valanginiano ao Aptiano), constituído pelas Formações Cricaré e Mariricu, que reúne os sedimentos depositados diretamente sobre o embasamento durante as fases *rifte* e transicional da bacia (VIEIRA, 1998).

A Formação Cricaré é composta pelos Membros Jaguaré e Sernambi, pertencentes à fase *rifte* da bacia. O Membro Jaguaré engloba arenitos e conglomerados, intercalados por rochas vulcânicas e vulcanoclásticas da Formação Cabiúnas, enquanto o Membro Sernambi representa a predominância de folhelhos, carbonatos e margas, com intercalação de arenitos e conglomerados. Estima-se, a partir de dados sísmicos existentes, que toda a seção da Formação Cricaré pode chegar a espessuras em torno de 3.500 m (VIEIRA, 1998; FRANÇA et al., 2007).

A Formação Mariricu, é composta pelos Membros Mucuri (basal) e Itaúnas (superior) e representa a transição de um ambiente continental para marinho ainda restrito (VIEIRA et al., 1994). O Membro Mucuri, de idade Aptiana, limita-se na base pela Discordância Pré-Neóalagoas, e no topo pelas camadas evaporíticas que caracterizam o Membro Itaúnas. É composto por arenitos e conglomerados intercalados com folhelhos e delgados níveis evaporíticos (VIEIRA, 1998).

**Figura 2 - Carta cronoestratigráfica da Bacia do Espírito Santo com destaque para os Membros Mucuri e Itaúnas, pertencentes a Formação Marirucu, Grupo Nativo, de Idade Aptiana.**



Fonte: França et. al (2007).

A partir da descrição de testemunhos, Vieira (1998) identificou 15 litofácies no membro Mucuri, com base em diferenças composicionais, granulométricas e estruturas sedimentares. Essas associações de fácies foram agrupadas em três sistemas deposicionais: leques aluviais, estuarino/ilha de barreira e lagunar/ilha de barreira.

A distribuição dos sedimentos do Membro Mucuri, segundo Vieira (1998), é disposta da seguinte forma: nas áreas proximais, na porção oeste, há predomínio de conglomerados e arenitos grossos a conglomeráticos, mal selecionados, interpretados como depósitos aluviais. À medida que há o afastamento da área-fonte para sul e leste, há uma melhor seleção e gradual diminuição da granulometria dos sedimentos mais grossos e aumento de intercalações de clásticos de granulometria mais fina, interpretados como sistemas estuarinos e/ou lagunares retrabalhados por maré e ondas, indicando uma tendência transgressiva para a unidade. Esta sucessão se intercala e é sobreposta por rochas evaporíticas e correlatas, indicando um extremo ressecamento gerado pela aridez climática e deficiência no aporte de água e sedimentos.

Vieira (1998) dividiu o Membro Mucuri em três tectono-sequências separadas por discordâncias erosivas:

- Sequência basal (MUC-3): Apresenta tectonismo remanescente da fase rifte. Representa fácies de leques aluviais e sistemas fluviais entrelaçados, sendo caracterizada pela gradação de conglomerados para arenitos arcoseanos grossos, arenitos finos, siltitos e níveis de anidrita ou carbonato brechados.
- Sequência intermediária (MUC-2): Limita-se da sequência basal por meio de uma discordância angular. Registra o afogamento de leques e sistemas fluviais da sequência basal, e é composta por arenitos basais, silticos e arenitos muito finos a finos. O limite superior é dado por camadas de anidrita ou carbonato, apresentando discordância angular em alguns pontos da bacia.
- Sequência superior (MUC-1): Formada por um sistema de lagunas com planícies lamosas que evolui para o ambiente evaporítico do tipo *sabkha*. Ocorrem arenitos finos a grossos, representando depósitos de praias e

planícies arenosas do sistema lagunar. Forma contato superior discordante em relação aos evaporitos do Membro Itaúnas.

O Membro Itaúnas foi gerado em condições de bacia restrita com alta evaporação, em ambiente árido, onde houve a precipitação de espessos depósitos de anidrita e halita. Possivelmente as halitas foram depositadas na porção central da bacia, enquanto que nas bordas houve predomínio da deposição de anidritas, carbonatos e, subordinadamente, halitas (FRANÇA et al., 2007).

## **1.2 Problema**

A ocorrência dos evaporitos do Membro Itaúnas representa uma drástica alteração no modelo deposicional da bacia de um contexto siliciclástico para um sistema evaporítico, e classicamente ocorre na forma de uma mudança abrupta de fácies. Entretanto, discretas camadas evaporíticas são observadas ao longo da seção do Membro Mucuri. Apesar de existirem muitos estudos sobre a área, o modelo deposicional do intervalo correspondente à transição entre a seção siliciclástica do Membro Mucuri e os depósitos evaporíticos do Membro Itaúnas ainda é alvo de discussões, persistindo a dúvida se a passagem do Membro Mucuri para o Membro Itaúnas é gradual ou abrupta.

## **1.3 Justificativa**

O modelo evolutivo dos sistemas deposicionais clásticos/evaporíticos do Membro Mucuri ainda precisa ser melhor compreendido, especialmente no que diz respeito à transição para os evaporitos do Membro Itaúnas. Tal modelo é muito importante, pois os depósitos do Membro Mucuri correspondem às fácies marginais dos reservatórios carbonáticos do “pré-sal”. O estudo das fácies, associações de fácies e sistemas deposicionais visa contribuir para a compreensão da história evolutiva da passagem do Membro Mucuri para o Membro Itaúnas, assim como para

o estabelecimento de chaves de correlação com o intervalo adjacente *offshore* do pré-sal.

#### **1.4 Objetivos**

Este estudo tem como principal objetivo estabelecer o modelo deposicional do topo do Membro Mucuri, na transição com os evaporitos do Membro Itaúnas. Como objetivos específicos destacam-se:

- Caracterização das fácies, associações de fácies e sistemas deposicionais;
- Definição dos padrões de empilhamento;
- Elaboração do modelo evolutivo para a seção analisada.

## **2 ESTADO DA ARTE**

Neste capítulo, optou-se por realizar a revisão sobre a Estratigrafia de Alta Resolução, baseada em Catuneanu e Zecchin (2012). Faz-se necessária esta abordagem devido ao fato de a estratigrafia de sequência ser um dos métodos de análise estratigráfica mais utilizados na análise de bacias, permitindo diferentes escalas de observação, em função da quantidade de dados disponíveis e finalidades.

### **2.1 Estratigrafia de Alta Resolução**

A estratigrafia de sequências é um dos métodos de análise estratigráfica mais utilizados na análise de bacias, através da definição de superfícies limítrofes, tratos de sistemas e de sequências estratigráficas em escalas de observação distintas, dependendo da finalidade do estudo e dos dados disponíveis.

Com a evolução do método, diferentes tipos de sequências foram definidas com base em superfície limítrofes distintas: sequência deposicional, sequência transgressiva-regressiva e sequência estratigráfica genética. A coexistência de diferentes tipos de sequência exigiu uma nova definição do termo, que fosse flexível o suficiente para acomodá-los. Após inúmeras discussões e modificações ao longo do tempo, o conceito mais aceito atualmente define sequência como “um ciclo de mudanças na acomodação ou suprimento sedimentar definido pela recorrência de alguns tipos de superfícies estratigráficas ao longo do tempo geológico” (CATUNEANU; ZECCHIN, 2012, p. 28, tradução nossa).

O uso de sequências de alta frequência nos termos definidos anteriormente elimina a necessidade de uso dos conceitos de parasequência ou ciclos de menor escala em estudos de alta resolução e simplifica a metodologia e nomenclatura de sequências estratigráficas. O conceito de sequência abrange todos os ciclos sedimentares relacionados com transgressões e regressões da linha de costa. A identificação de sequências ocorre pelos padrões de empilhamento e superfícies

chave, não dependendo dos fatores controladores (CATUNEANU; ZECCHIN, 2012). É um termo descritivo.

### **2.1.1 Anatomia das Sequências**

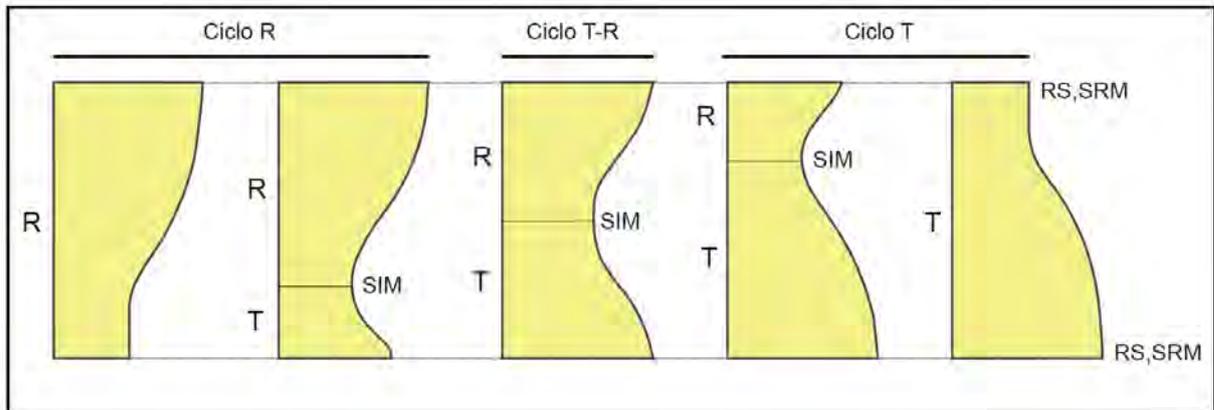
As sequências de alta frequência podem se organizar, segundo Zecchin (2007), em ciclos com diferentes anatomias, destacando-se:

Ciclos R: São ciclos assimétricos com predomínio do padrão regressivo, por vezes com intervalo transgressivo pouco espesso na base (Figura 3). A formação de ciclos R é favorecida em contextos de baixo gradiente topográfico e, com baixo suprimento sedimentar durante a transgressão, que ocorre de forma rápida. Durante a regressão, a razão entre o espaço de acomodação e o aporte sedimentar é menor que 1.

Ciclos T-R: São ciclos compostos em parte por depósitos transgressivos e em parte regressivos, com espessuras similares (Figura 3). Sua formação é favorecida em ambiente marinho raso caracterizado por alto suprimento sedimentar. Porções transgressivas são formadas em condições de alto gradiente topográfico e alto espaço de acomodação. Porções regressivas são formadas quando há alto suprimento sedimentar superando a subsidência.

Ciclos T: São ciclos onde há predomínio do padrão transgressivo (Figura 3), podendo ocorrer, subordinadamente, intervalos regressivos no topo. As condições de formação dos ciclos T são similares as dos ciclos T-R. Porções regressivas são formadas quando há uma rápida subsidência associada a um alto suprimento sedimentar. As porções transgressivas são formadas devido a um alto gradiente topográfico, com alto suprimento sedimentar. Durante a transgressão a razão do espaço de acomodação em relação ao aporte sedimentar é maior que 1.

**Figura 3** - Representação esquemática da morfologia dos ciclos R (regressivo), T-R (transgressivo-regressivo) e T (transgressivo). Abreviações: SIM - superfície de inundação máxima; SRM - superfície de regressão máxima; RS - superfície de ravinamento.



Fonte: Modificado de Catuneanu e Zecchin (2012)

### 2.1.2 Controle das Sequências

A combinação entre processos alogênicos e autogênicos provoca mudanças na trajetória da linha de costa e o desenvolvimento de superfícies chave e tratos de sistemas, influenciando o padrão de empilhamento do registro no qual as interpretações de sequências estratigráficas baseiam-se.

Fatores alocíclicos são aqueles externos ao sistema deposicional, como a eustasia, tectônica e clima (EINSELE; RICHEN; SEILACHER, 1991). Eles controlam a mudança do nível relativo do mar, suprimento sedimentar, energia do ambiente, e em última análise, a arquitetura das unidades sedimentares e superfícies limítrofes em uma escala maior, abrangendo vários sistemas deposicionais. A eustasia e a tectônica moldam o registro estratigráfico e, dependendo das circunstâncias, uma pode exercer maior controle que a outra (MIALL, 1997).

A glacioeustasia é um dos mais importantes controles de acomodação e tem influência global. Durante períodos de *icehouse* desenvolvem-se sequências de alta frequência que tendem a apresentar arquitetura de estratos bem diferente dos desenvolvidos durante ciclos de *greenhouse*. Sequências de *icehouse* são pouco espessas, mostram um desenvolvimento incompleto de tratos de sistema, tem o topo truncado, e são dominadas por depósitos transgressivos (KIDELL, 1997; ZECCHIN, 2005; FIELDING et al., 2006; DI CELMA; CANTALAMESSA, 2007).

A tectônica normalmente é associada a ciclos de larga escala em bacias sedimentares (CLOETINGH, 1988), mas alguns ciclos em escala de afloramento podem ser gerados por mudanças no soerguimento/subsidência da bacia. A tectônica combinada com o suprimento sedimentar pode controlar o desenvolvimento de depósitos transgressivos e regressivos.

O clima é um dos fatores alocíclicos que pode afetar fortemente o suprimento sedimentar, bem como o tipo de sedimento (siliciclástico ou carbonático), influenciando a arquitetura da sequência e o *trend* deposicional (CATUNEANU; ZECCHIN, 2012).

Fatores autocíclicos são internos ao sistema deposicional e geram progradação ou retrogradação sem ligação com mudanças do nível relativo do mar, tectônica ou clima (EINSELE; RICHEN; SEILACHER, 1991). Estão relacionados com a maneira como é feita a distribuição dos sedimentos. Qualquer alteração no padrão de transporte e distribuição de sedimentos pode gerar mudanças na distribuição de fácies dentro de um sistema deposicional ou mesmo acarretar em mudanças de sistemas deposicionais. O deslocamento autocíclico de deltas pode modificar o suprimento sedimentar para a linha de costa, podendo influenciar na trajetória da mesma, simulando o efeito da mudança do nível relativo do mar (AMOROSI et al., 2005; STEFANI; VINCENZI, 2005). O recuo da linha de costa em direção ao continente também pode ocorrer quando o suprimento sedimentar for menor que a criação do espaço de acomodação, podendo gerar um progressivo aumento da área deposicional mesmo durante a queda do nível relativo do mar. Esse balanço entre espaço de acomodação e suprimento sedimentar resulta em um padrão de empilhamento retrogradacional ou progradacional independente de mudanças no espaço de acomodação ou no suprimento sedimentar. Desse modo, a formação de sequências ou tratos de sistemas é controlada pela mistura de fatores internos e externos difíceis de serem quantificados (CATUNEANU; ZECCHIN, 2012).

O quadro abaixo (Quadro 1) ilustra os fatores que controlam a formação de cada uma das superfícies estratigráficas. A formação da maior parte dessas superfícies é controlada tanto por fatores alogênicos quanto por fatores autogênicos, com exceção de três superfícies subaquosas, que tem sua formação ligada estritamente a controles de origem alogênica.

**Quadro 1** - Fatores que atuam na formação de cada uma das sequências estratigráficas.

SUPERFÍCIE DE SEQUÊNCIA ESTRATIGRÁFICA	CONTROLE	
	Alogênico	Autogênico
Discordância subaérea	<b>X</b>	<b>X</b>
Superfície de máxima regressão	<b>X</b>	<b>X</b>
Superfície de máxima inundação	<b>X</b>	<b>X</b>
Superfície transgressiva de ravinamento	<b>X</b>	<b>X</b>
Superfície basal de regressão forçada	<b>X</b>	
Superfície regressiva de erosão marinha	<b>X</b>	
Concordância correlata	<b>X</b>	

Fonte: Modificado de Catuneanu e Zecchin (2012)

### **3 MÉTODOS**

Para a caracterização faciológica e estratigráfica do intervalo de estudo, foi feita a integração de dados obtidos a partir de descrição de testemunhos de sondagem e interpretação de perfis de raios gama. Os métodos utilizados são apresentados e discutidos abaixo:

#### **3.1 Revisão Bibliográfica**

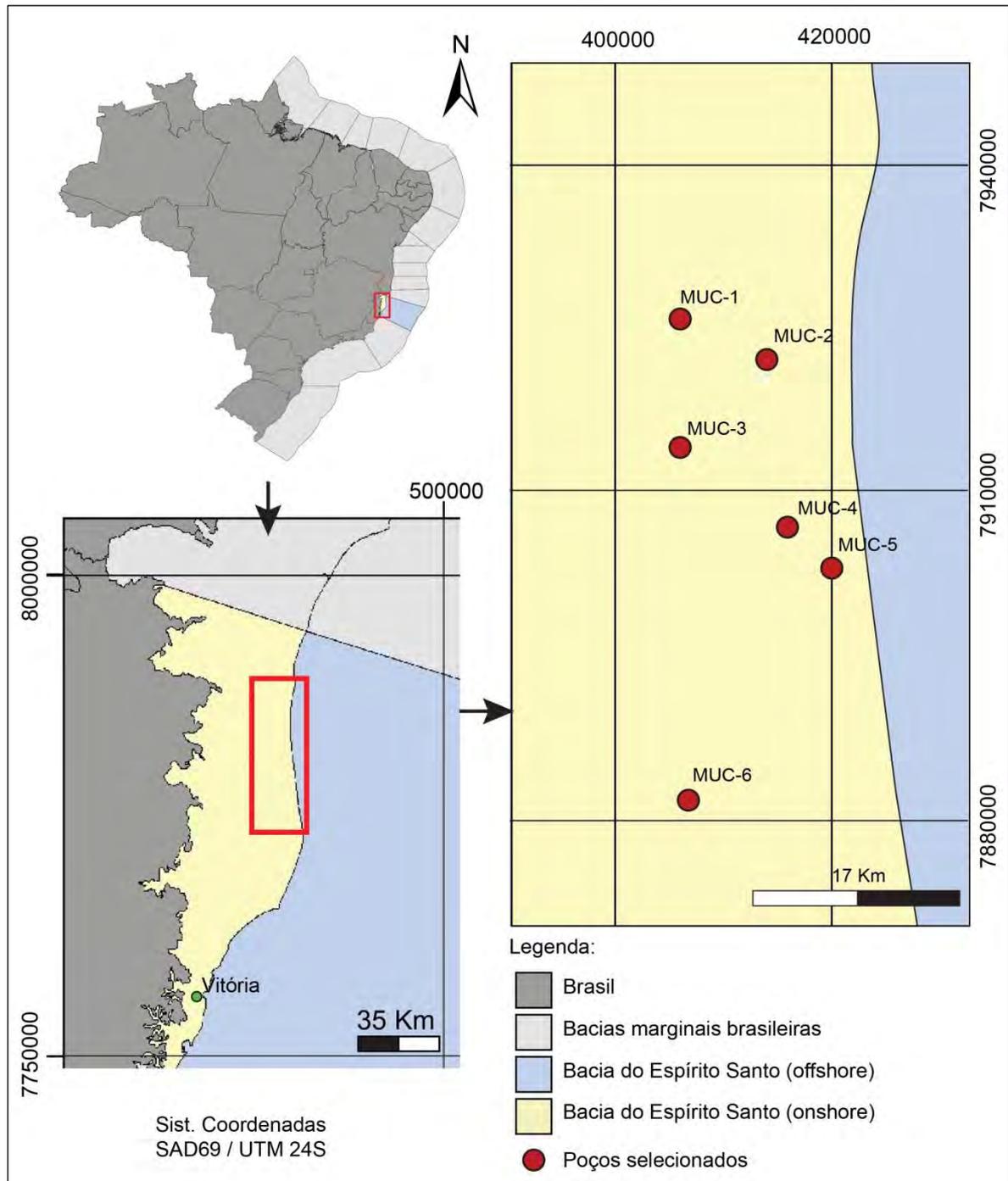
Etapa de revisão de conceitos básicos em livros e de estudos prévios na área do projeto. Foi realizada a revisão, principalmente, da geologia da Bacia do Espírito Santo, em especial a do Membro Mucuri, além da pesquisa de conceitos básicos de estratigrafia e ferramentas que pudessem auxiliar na resolução do problema abordado. Esta etapa ocorreu, de forma contínua, durante todo o desenvolvimento do projeto.

#### **3.2 Seleção de poços**

Este trabalho faz parte do Projeto Mucuri, executado pelo departamento de Paleontologia e Estratigrafia, do Instituto de Geociências da UFRGS. Neste projeto foram analisados os dados de perfil composto de poços perfurados no intervalo do Membro Mucuri, na Bacia do Espírito Santo. Destes, foram selecionados 108 poços, sendo poucos deles testemunhados. Com a análise dos perfis compostos e perfis de raios gama dos poços foram identificados quatro intervalos transgressivos, sendo o último, alvo deste trabalho. Para a seleção dos poços utilizados neste estudo foram elencados dois critérios: o poço deve ser testemunhado continuamente no intervalo superior do Membro Mucuri e deve apresentar uma boa recuperação. Por fim, após esta triagem, foram selecionados seis poços (Quadro 2, Figura 4) com boas condições, totalizando aproximadamente 237 metros, cujo acesso para descrição foi requerido junto à Agência Nacional do Petróleo.

**Quadro 2** - Intervalos de profundidade testemunhados nos poços selecionados para descrição.

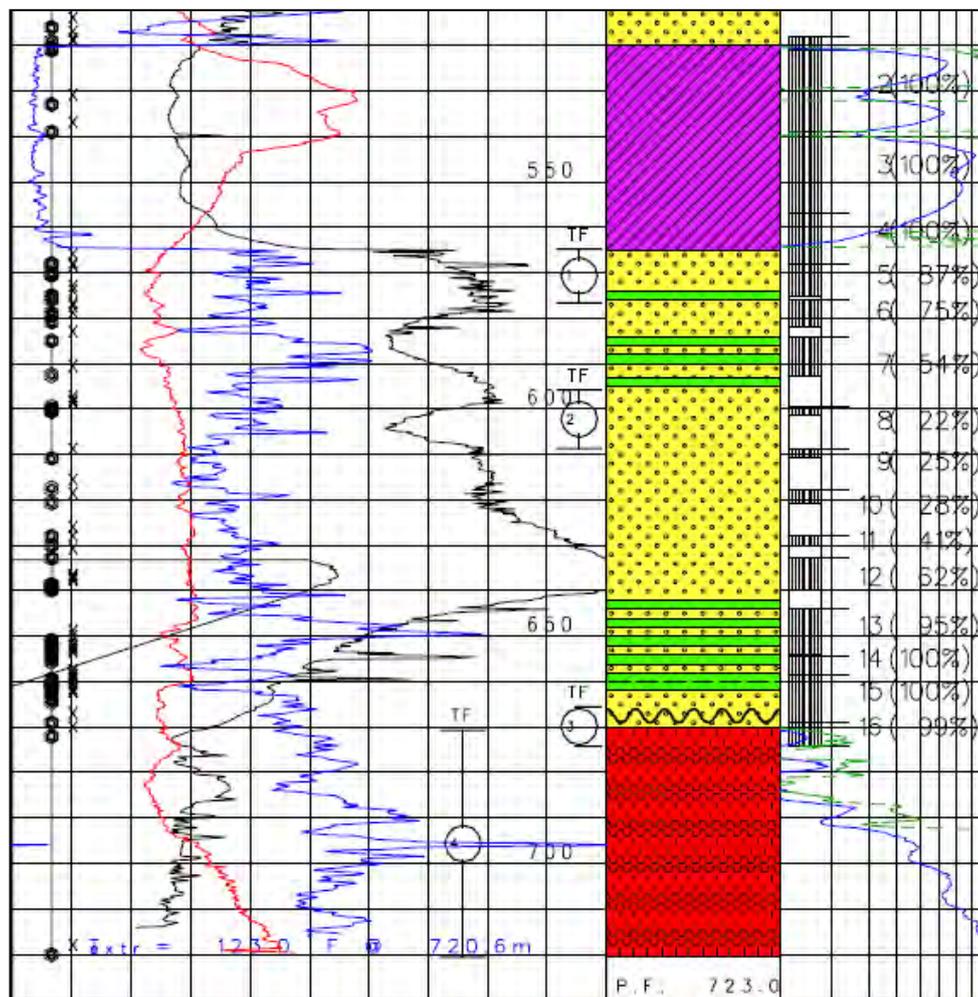
POÇO	MUC-1	MUC-2	MUC-3	MUC-4	MUC-5	MUC-6
<b>TOPO (m)</b>	605,00	1419,40	557,00	1677,00	2026,00	1078,00
<b>BASE (m)</b>	615,30	1440,50	650,60	1686,90	2099,90	1106,00
<b>TOTAL</b>	10,30	21,10	93,60	9,90	73,90	28,00

**Figura 4** - Mapa indicando a localização dos seis poços descritos.

Os testemunhos foram disponibilizados para descrição no bloco de Estratigrafia e Sedimentologia da PETROBRAS/UN/ES, situado na cidade de São

Mateus, Espírito Santo. Além dos dados obtidos após a descrição dos testemunhos de sondagem, todos os poços possuem dados de perfil litológico e perfil de raios gama (Figura 5).

**Figura 5** - Detalhe do perfil composto do poço MUC-3 a partir do qual é obtido o perfil de raios gama (curva em azul), perfil litológico descrito a partir de amostras de calha, profundidade e porção testemunhada.



### 3.3 Levantamento estratigráfico

#### 3.3.1 Análise de Fácies

A análise de fácies é a base para o desenvolvimento deste projeto, pois é dela que derivam todas as interpretações a respeito do modelo deposicional do

intervalo de estudo. Walker e James (1992) definiram “fácies” como um corpo de rocha caracterizado por uma combinação particular de litologias e estruturas físicas e biológicas que conferem um aspecto diferente dos corpos de rochas adjacentes. A fácies é o resultado de um processo deposicional ocorrido em um ambiente de sedimentação e cada fácies possui características específicas ligadas à sua gênese, como geometria, litologia, textura, estrutura e conteúdo fossilífero. O código utilizado para nomear as fácies identificadas nos testemunhos descritos foi modificado da nomenclatura proposta por Miall (1996) para sistemas fluviais. Ela consiste no uso de, basicamente, duas letras: a primeira, maiúscula, indicando o tamanho de grão dominante; a segunda, minúscula, indicando estrutura.

Existe uma hierarquia de análise de fácies que demonstra que a identificação das fácies é a primeira etapa em um estudo que visa estabelecer um modelo deposicional (Figura 6). Quando se agrupam fácies geneticamente relacionadas, que representam locus deposicionais específicos dentro de um ambiente deposicional, define-se uma associação de fácies (COLLINSON, 1969). Através das associações de fácies é possível reconstituir o ambiente deposicional e inferir um modelo deposicional para o intervalo de interesse.

**Figura 6** - Hierarquia de análise de fácies



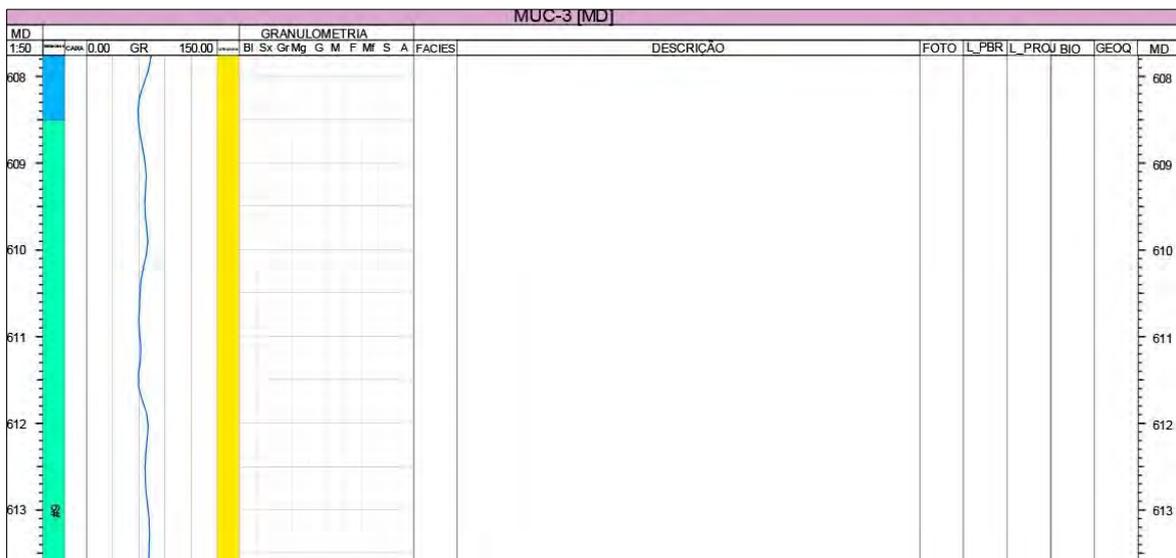
Fonte: Modificado de WALKER e JAMES (1992).

### 3.3.2 Perfil Colunar

A realização de descrições de testemunhos sob a forma de perfil colunar constitui um método sucinto de sumarizar um grande volume de dados, permitindo impressão imediata da sucessão vertical de fácies e suas variações (COE, 2010). A partir dos perfis de poço dos seis poços selecionados, foram elaboradas folhas padronizadas para descrição em campo (Figura 7), contendo dados de profundidade do poço, intervalos testemunhados, recuperação, perfil litológico e perfil de raios gama. O perfil estratigráfico possui dois eixos: o eixo vertical, no qual é indicada a metragem do testemunho na escala utilizada (neste caso, 1:50), e o eixo horizontal, onde há uma escala granulométrica que varia da fração argila a bloco.

Nessa escala são desenhadas as camadas com suas respectivas espessuras, e indica-se a estrutura, geometria, variações no tamanho de grão e relações com outros estratos. Durante a descrição foram indicados os intervalos para posterior registro fotográfico e amostragem, visto que este é um procedimento realizado apenas pelos funcionários da Petrobras.

**Figura 7** - Folha de descrição com dados previamente inseridos para uso em campo.



A etapa pós-descrição de testemunhos tem como finalidade o processamento e análise dos dados obtidos em campo. Nesta etapa é feita a digitalização de todos os perfis utilizando o *software Adobe Illustrator®* para um modelo padrão (Apêndice A). A utilização de perfis colunares apresenta como principal vulnerabilidade o

reconhecimento de determinadas estruturas, que dependendo das condições do testemunho, pode se tornar bastante difícil. Sua resolução é 1:50, tendo como precisão 5 centímetros.

### **3.4 Perfil de Raios Gama**

Perfil gerado a partir da detecção da radiação gama emitida pelas rochas em função dos seus elementos radioativos Urânio (U), Tório (Th) e Potássio (K), tendo como unidade de medida a unidade API - *American Petroleum Institute* (ELLIS; SINGER, 2008). Estes três elementos concentram-se preferencialmente na estrutura de argilominerais, que devido à deficiência de carga permitem a entrada de cátions maiores. Por esta característica, pelitos geram picos altamente positivos enquanto arenitos e conglomerados geram picos bem mais baixos (LUCIA, 2007). Segundo Mendes (1992), a forma do traço do perfil de raios gama é um indicador estratigráfico sensível, sendo comumente utilizado em correlações e estudos faciológicos. Porém, cabe salientar que o perfil de raios gama é uma resposta às propriedades físicas e não aos atributos geológicos das rochas.

Os perfis de raios gama utilizados neste trabalho foram fornecidos pela ANP, junto aos demais dados dos poços, e foram obtidos através da subida do instrumento medidor pelo poço, de forma que se tivesse o registro contínuo de cada nível da radiação gama emitida pelas rochas. Cada medida é feita em um intervalo de aproximadamente 30 centímetros. Os perfis de raios gama foram usados, sempre associados aos perfis litológicos descritos, na interpretação de padrões de empilhamento, possíveis correlações e durante a descrição de testemunhos.

### **3.5 Seções de correlação**

A construção de seções de correlação entre os poços analisados tem como objetivo o estabelecimento de relações entre os poços, entendimento de variações laterais nos sistemas além da tentativa de estabelecimento de um arcabouço

estratigráfico. A construção destas seções foi realizada com o *software Petrel*, no qual foram inseridos dados de perfil de raios gama, perfil litológico e o perfil colunar descrito, com suas respectivas associações de fácies.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados e discutidos os dados obtidos a partir da descrição dos testemunhos de sondagem associados aos perfis de raios gama. Como mencionado anteriormente, foram descritos seis poços (MUC-1, MUC-2, MUC-3, MUC-4, MUC-5, MUC-6), totalizando aproximadamente 237 metros.

A utilização dos perfis de raios gama auxiliou durante a descrição dos testemunhos de sondagem, principalmente na identificação da presença de anidritas e intervalos nos quais haviam sedimentos finos. Para a identificação dos ciclos e tentativa de estabelecimento de superfícies de correlação entre os poços no intervalo analisado, esta técnica não apresentou resultados que auxiliassem no desenvolvimento do trabalho, por isso, não foi desenvolvido um capítulo indicando os resultados obtidos através dela.

### 4.1 Análise Faciológica

A descrição dos testemunhos de sondagem permitiu a identificação de 17 litofácies (Quadro 3): duas conglomeráticas, dez arenosas, quatro pelíticas e uma evaporítica. As litofácies arenosas predominam, subordinadamente há maior ocorrência das litofácies pelíticas seguidas das evaporíticas e conglomeráticas. A composição dominante dos sedimentos é micácea a arcósea-micácea, sendo dominante a primeira.

**Quadro 3** - Litofácies identificadas neste trabalho e seus respectivos códigos, descrições, interpretações, espessuras e fotos.

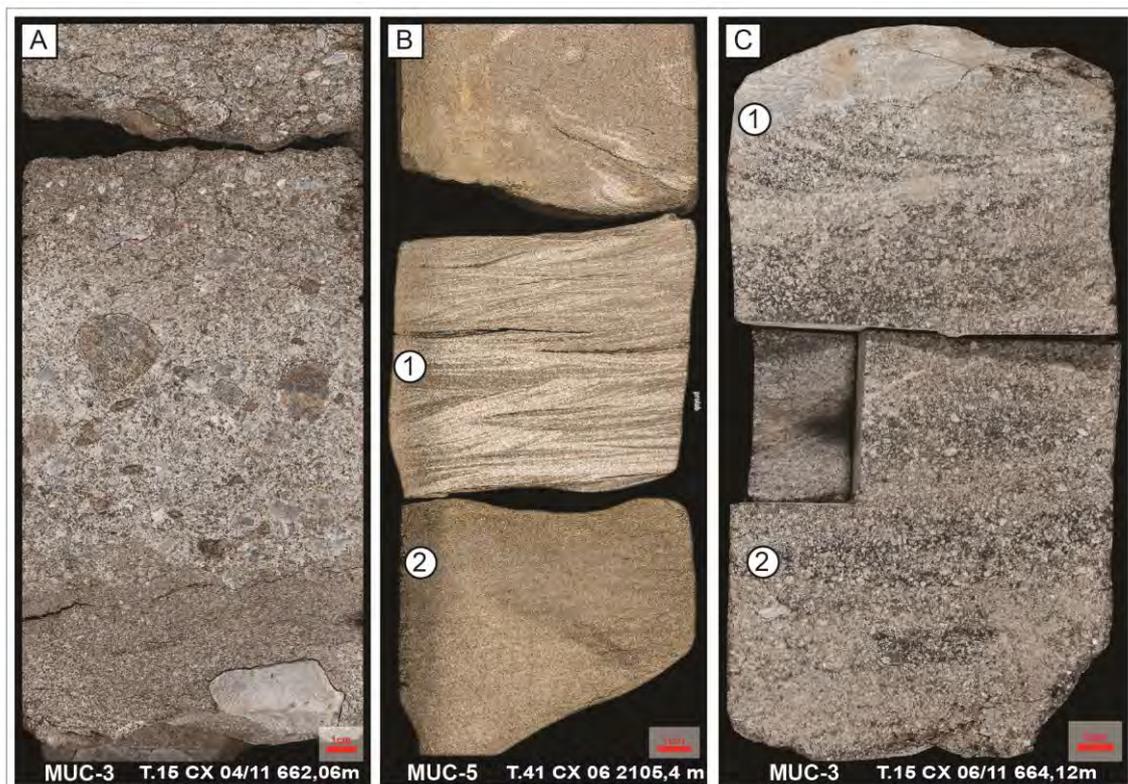
Código	Descrição	Interpretação	Espesura	Foto (Figura)
<b>Gm</b>	Conglomerado arenoso de grânulos e seixos com areia muito grossa, mal selecionado, maciço.	Fluxo de detritos pseudoplástico.	0,4 – 0,9 m	8 - A
<b>Gh</b>	Conglomerado arenoso de areia muito grossa, com grânulos e	Barras cascalhosas longitudinais, depósitos	0,3 - 2,6 m	-

	seixos, mal selecionado, com estratificação horizontal incipiente dada pela variação textural de tamanho de grão.	residuais ( <i>lags</i> ).		
<b>Sm</b>	Arenito fino a muito grosso, por vezes conglomerático, bem a mal selecionado, maciço. Pode possuir grânulos e seixos subarredondados dispersos de quartzo e granada (raramente), além de intraclastos argilosos e fragmentos carbonosos.	Rápida deposição de fluxos hiperconcentrados ou estruturas posteriormente modificadas por fluidização.	0,1 – 4,2 m	11 – J(1)
<b>Sl</b>	Arenito fino a muito grosso, por vezes conglomerático de grânulos, bem a mal selecionado, micáceo, com estratificação cruzada de baixo ângulo. Fragmentos carbonosos podem ocorrer paralelos à laminação ou dispersos. Grânulos e seixos de quartzo subarredondados dispersos ou concentrados na base das camadas.	Preenchimento de suaves depressões, dunas atenuadas (transição entre regime de fluxo inferior para superior).	0,2 – 1,7 m	9 – D 8 – C(2)
<b>Sh</b>	Arenito fino a muito grosso, bem a mal selecionado, com laminação horizontal. Pode conter grânulos subarredondados de quartzo, intraclastos pelíticos ou de arenito muito fino e fragmentos carbonosos. Por vezes parcialmente fluidizados.	Formas de leito plano depositadas em regime de fluxo superior.	0,1 – 0,3 m	9 - E
<b>St</b>	Arenito fino a grosso, moderadamente a mal selecionado, com estratificação cruzada tangencial. Grânulos e seixos de quartzo e granada podem ocorrer marcando a estratificação ou dispersos. Podem ocorrer intraclastos e fragmentos carbonosos. Por vezes parcialmente fluidizados.	Migração de dunas de crista sinuosa, em regime de fluxo inferior.	0,3 – 2,1 m	9 - F
<b>Sx</b>	Arenito fino a muito grosso, por vezes conglomerático de grânulos, moderadamente a mal selecionado, com estratificação cruzada indistinta. Podem ocorrer fragmentos carbonosos e grânulos dispersos.	Migração de dunas 2D e 3D, regime de fluxo inferior.	0,1 – 1,7 m	10 - G
<b>Sw</b>	Arenito fino a grosso, bem a mal	Marcas onduladas de	0,1 – 2	10 – H(1)

	selecionado, com laminações onduladas truncadas de pequeno porte. Podem ocorrer intraclastos argilosos, grânulos e seixos de quartzo e granada. Por vezes fluidizados.	onda formada por fluxo oscilatório com baixa velocidade e diâmetro orbital.	m	10 - I
<b>Ssw</b>	Arenito fino a médio, micáceo a arcóseo micáceo, bem selecionado, com laminação ondulada truncada de grande porte - <i>swaley</i> . Podem ocorrer fragmentos carbonosos e fluidização.	Estratificação cruzada <i>swaley</i> formada por alta energia, fluxo oscilatório. Possivelmente associada a eventos de tempestade.	0,1 – 1,6 m	11 – J(2)
<b>Sr</b>	Arenito fino a médio, bem selecionado, com laminação cruzada de marcas onduladas.	Marcas onduladas subaquosas, em regime de fluxo inferior unidirecional.	0,3 – 2,1 m	8 – C(1)
<b>Swr</b>	Arenito fino a médio, bem selecionado, arcóseo micáceo, com laminações cruzadas e laminações onduladas truncadas de pequeno porte. Fragmentos carbonosos dispersos. Bioturbação e fluidização.	Marcas onduladas de onda ou onda-corrente formadas por fluxo oscilatório ou fluxo combinado.	0,7 – 5,9 m	8 – B(1)
<b>Sd</b>	Arenito fino a médio, micáceo, bem a mal selecionado, intensamente deformado. Pode conter grânulos de quartzo, intraclastos de lamito, fragmentos carbonosos.	Estruturas deposicionais primárias deformadas por processos de fluidização.	0,1 – 1 m	11 - K(1)
<b>FI</b>	Arenito muito fino a lamito, cor preta a cinza avermelhada, bem selecionado, micáceo, com laminação horizontal. Pode apresentar bioturbação, fluidização, nódulos de anidrita e fragmentos carbonosos.	Depósitos formados por decantação de sedimento em suspensão.	0,1 – 2,5 m	11 – L(1) 12 - M
<b>Fm</b>	Arenito muito fino a lamito, cor preta a cinza avermelhada, bem selecionado, maciço. Pode apresentar bioturbação, fluidização, nódulos de anidrita e fragmentos carbonosos.	Depósitos formados por decantação, sem laminação devido à floculação das argilas em suspensão.	0,1 – 7,4 m	11 – L(2)
<b>En</b>	Anidrita nodular rompendo e deslocando a laminação dos siltitos.	Precipitação nos poros intrasedimentos a partir de fluidos concentrados	0,2 – 2,2 m	12 – 0 (1,2)

		na zona freática capilar e superior.		
<b>Hwl</b>	Depósitos em camadas heterolíticas caracterizados pela intercalação de arenito fino a médio com laminação ondulada truncada (1 a 3 cm de espessura) e pelitos laminados (<1 cm de espessura) ou maciços. Frequentemente bioturbado e com fragmentos carbonosos.	Alternância entre tração gerada por fluxo oscilatório ( <i>wavy ripples</i> ) e processos de suspensão.	0,15 m	12 - N
<b>Hrl</b>	Depósitos em camadas heterolíticas caracterizados pela intercalação de arenito fino com laminação cruzada de marcas onduladas (<1 cm de espessura) e pelitos laminados (<1 cm de espessura). Fragmentos carbonosos dispersos.	Alternância entre tração gerada por correntes unidirecionais e processos de suspensão.	0,4 m	-

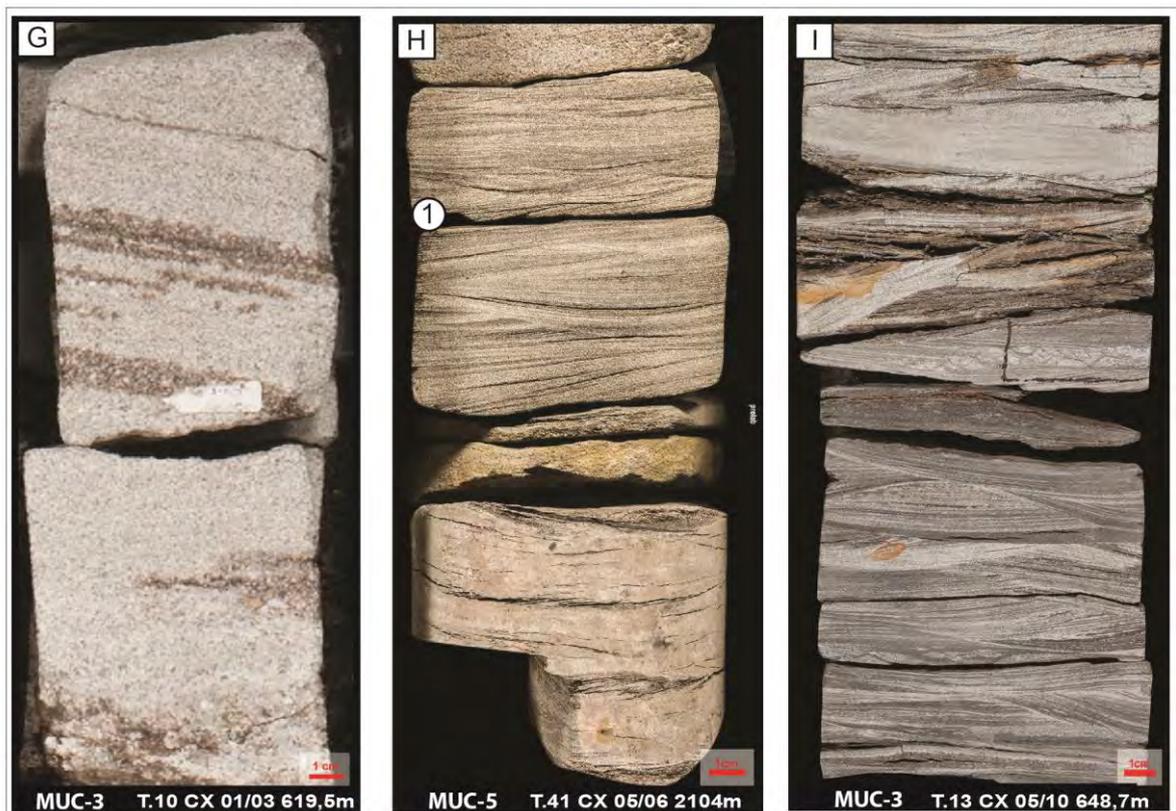
**Figura 8 - A** – Conglomerado arenoso com grânulos e seixos subarredondados de quartzo e gnaise, maciço (Gm). **B** – Arenito fino com marcas onduladas de onda/corrente (Swr) (1) e arenito fino, maciço (Sm) (2). **C** – Arenito grosso com laminação cruzada de marcas ondu onduladas (Sr) (1) e com estratificação cruzada de baixo ângulo (Sl) (2).



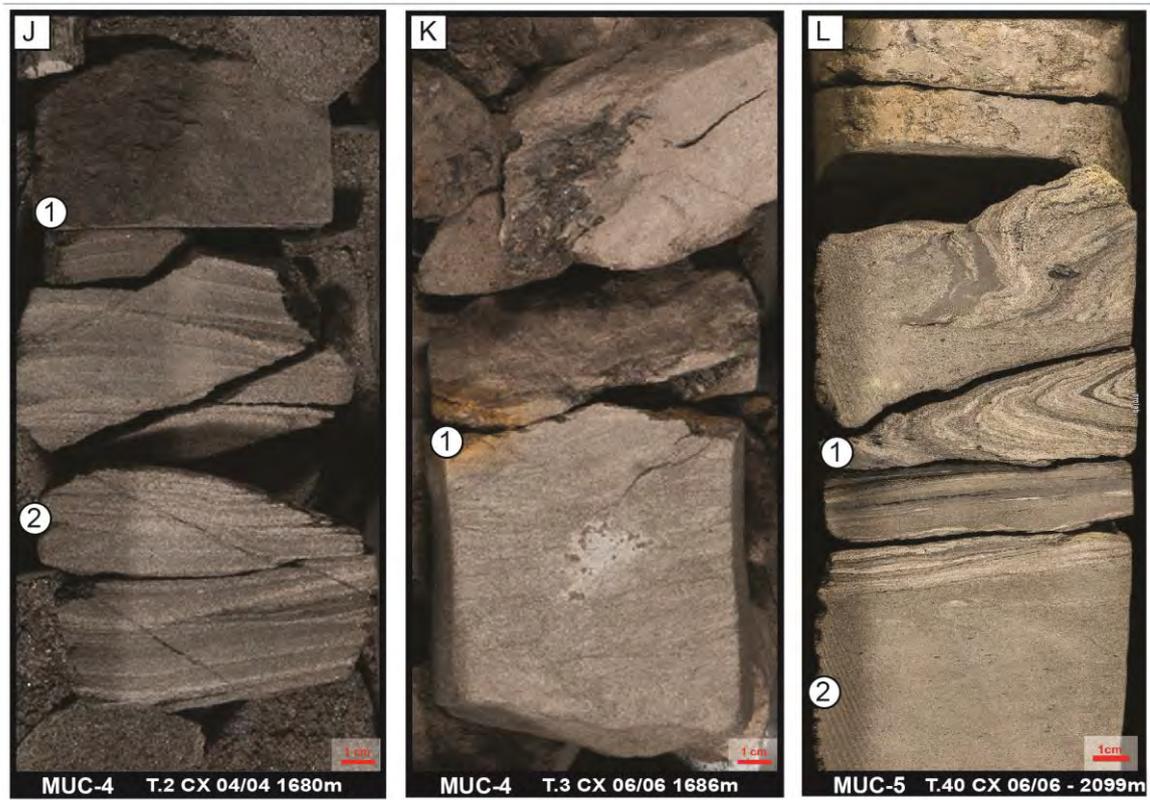
**Figura 9 - D** – Arenito com estratificação cruzada de baixo ângulo (Sl). **E** – Arenito fino com estratificação horizontal (Sh). **F** – Arenito com estratificação cruzada tangencial (St).



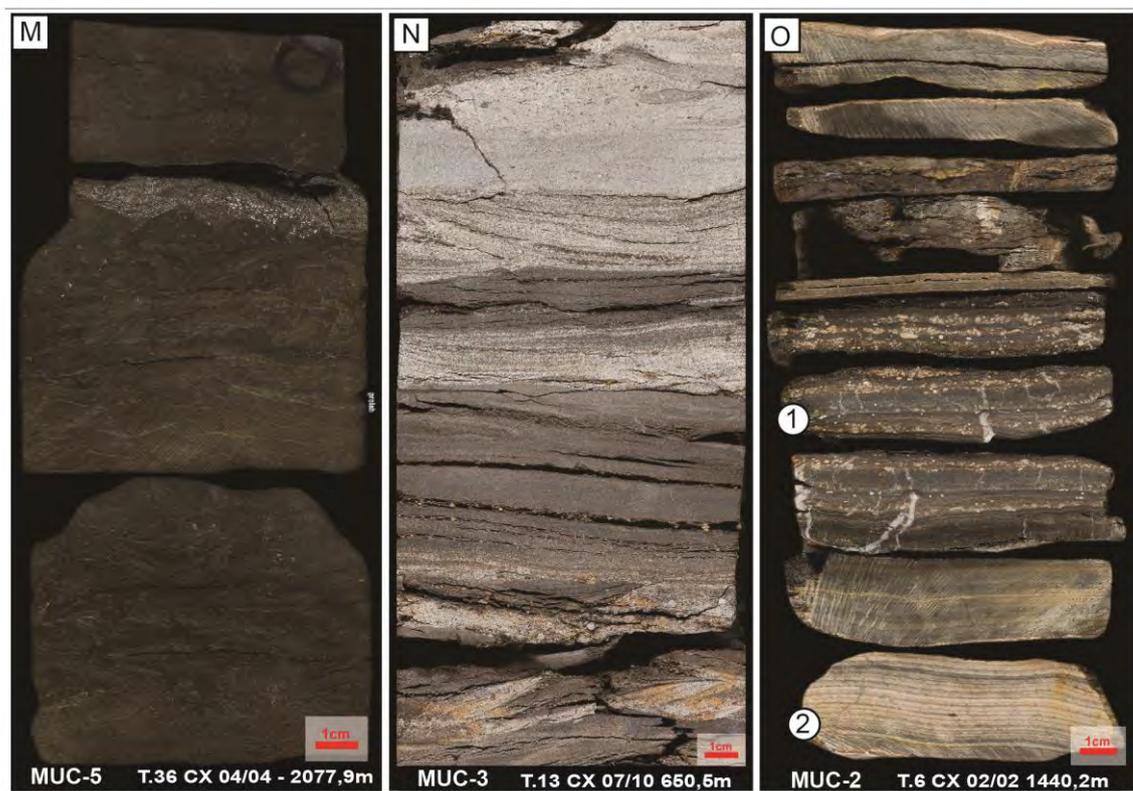
**Figura 10 - G** – Arenito médio com estratificação cruzada indistinta (Sx) e grânulos na base. **H** – Arenito fino com wave ripples (Sw) (1). **I** – Arenito fino com wave ripples (Sw).



**Figura 11 - J** – Arenito fino maciço (Sm) (1) e estratificação cruzada Swaley (Ssw) (2). **K** – Arenito fino deformado (Sd) (1). **L** – Siltito laminado (Fl) e dobrado (1) e maciço (Fm) (2).



**Figura 12 - M** – Siltito laminado (Fm) com matéria orgânica dispersa. **N** – Heterolito wavy com alternância entre arenito muito fino com wave ripples e siltito laminado (Hwl). **O** – Anidrita nodular displaciva (En) deslocando a laminação dos siltitos (1) e substituindo a laminação anterior (2).



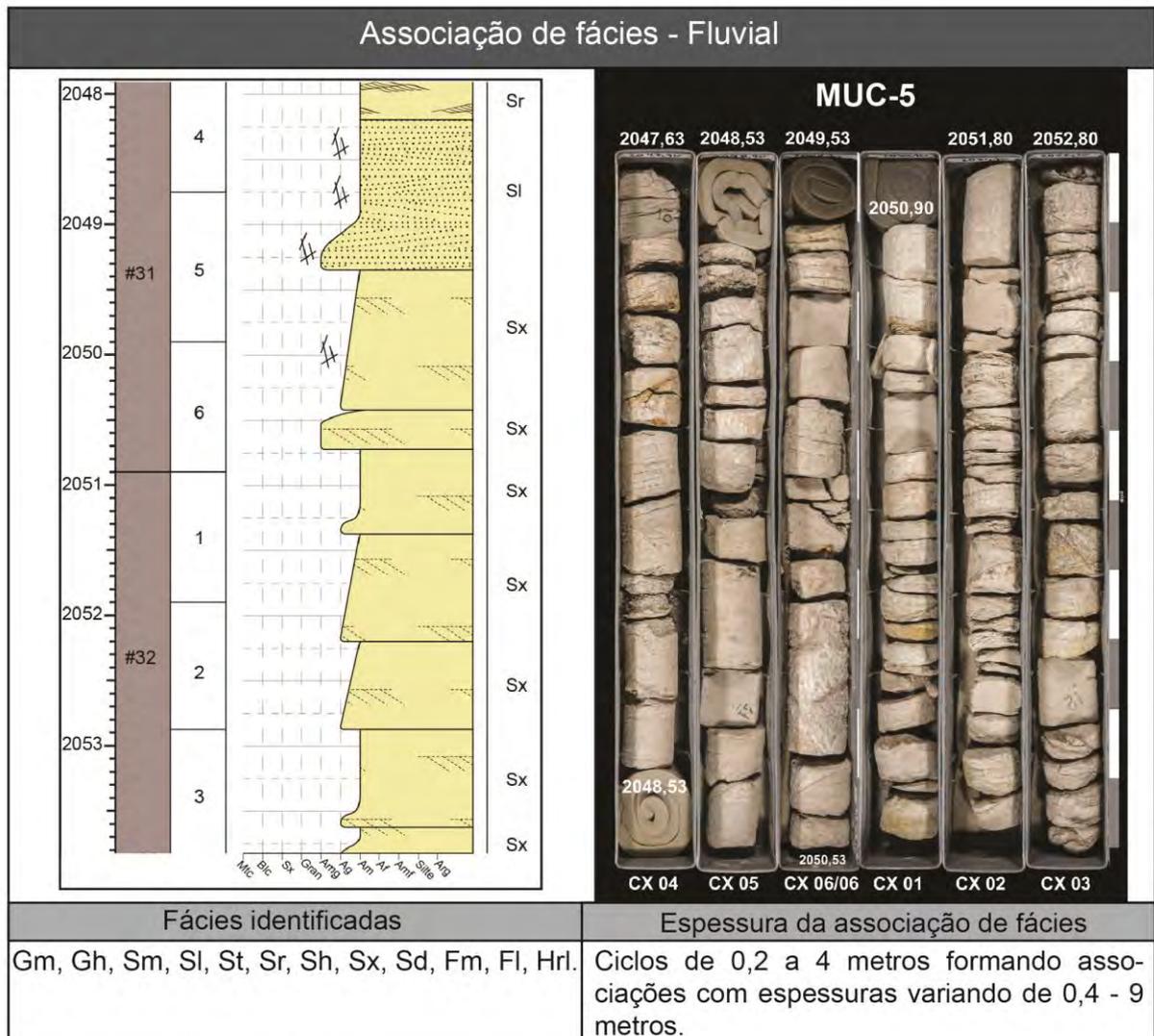
## 4.2 Associação de Fácies

A partir do agrupamento das litofácies geneticamente relacionadas foi possível identificar as seguintes associações de fácies: (i) Canal fluvial, (ii) *Shoreface* superior, (iii) *Shoreface* inferior e (iv) *Offshore*.

### i. DEPÓSITOS FLUVIAIS FRACAMENTE CANALIZADOS

Descrição: Esta associação de fácies está estruturada em ciclos de espessura variando entre 0,2 e 4 metros (Figura 13), com tendência granodecrescente ascendente e base abrupta, por vezes erosiva. Conglomerados arenosos de areia fina a muito grossa, com grânulos e seixos de quartzo (raros) subarredondados, ocorrem na base dos pacotes apresentando estratificação horizontal (Gh), ou estrutura maciça (Gm). Grande parte dos pacotes é composta por arenitos médios a muito grossos, por vezes conglomeráticos, variando de moderadamente a mal selecionados. Grânulos e seixos de quartzo, assim como de fragmentos carbonosos, ocorrem frequentemente marcando a estratificação, dispersos ou na base das camadas. Intraclastos pelíticos ocorrem com menor frequência. Os arenitos podem ser maciços (Sm) ou apresentar estratificação cruzada de baixo ângulo (Sl), estratificação cruzada indistinta (Sx) e estratificação cruzada tangencial (St). Subordinadamente ocorrem arenitos com estratificação horizontal (Sh), com ripples de corrente (Sr) e arenitos deformados (Sd). O topo da sucessão de fácies pode ser composto por siltitos a arenitos muito finos, maciços (Fm) ou laminados (Fl), de coloração cinza a avermelhada, e heterolitos com ripples de corrente (Hrl). Feições de fluidização são comuns. Por vezes os testemunhos se encontravam desagregados, impossibilitando o reconhecimento da estrutura sedimentar (S?).

**Figura 13** - Perfil colunar (esquerda) descrito a partir do intervalo testemunhado (direita), exemplificando a associação de fácies Fluvial.



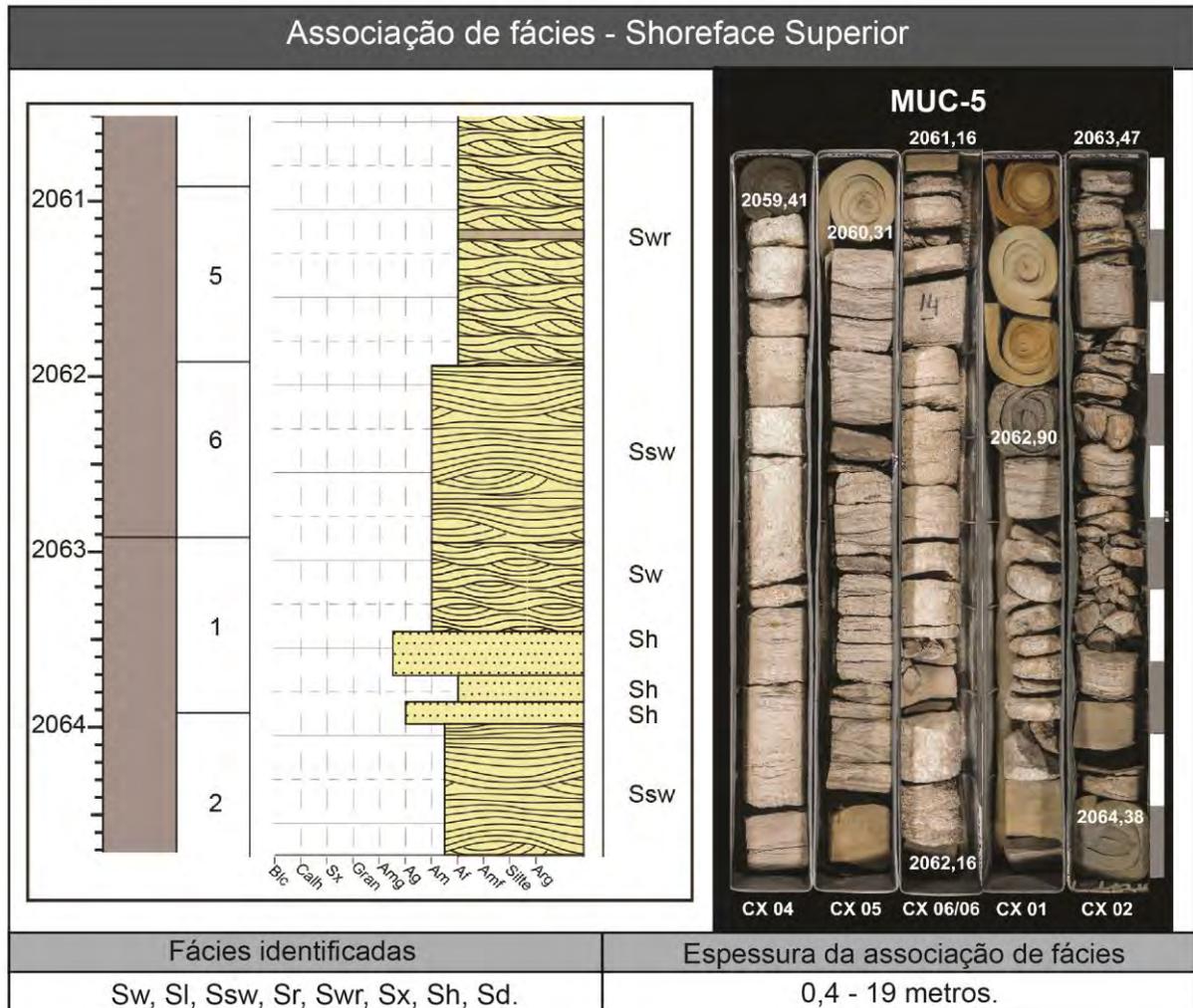
**Interpretação:** Ciclos granodécrescentes ascendentes, compostos por camadas amalgamadas de arenitos, com uma sucessão de fácies que marca uma progressiva desaceleração da corrente (Sh → Sl → St → Sr), indicam eventos de inundação fluvial pouco canalizados (MIALL, 1977). A dominância de camadas de arenitos médios a muito grossos, com estratificações cruzadas e de baixo ângulo são interpretadas como resultado de deposição de fluxos de alta energia desconfinados (BLAIR, 2000). A intercalação de arenitos com estruturas de regime de fluxo inferior (St e Sr), transicional (Sl) e superior (Sh) demonstra que ocorreram variações na velocidade do fluxo, que podem ser causadas por flutuações na

descarga ou mudanças localizadas na profundidade da lâmina d'água (FIELDING et al., 2006). Os siltitos e heterolitos foram depositados em períodos onde havia domínio de processos de suspensão em relação à tração, por vezes sofrendo posterior exposição subaérea, levando a oxidação dos mesmos.

## ii. SHOREFACE SUPERIOR

Descrição: Esta associação de fácies é composta por camadas amalgamadas de arenitos finos a médios (Figura 14), bem a moderadamente selecionados, com espessura variando de 0,4 a 19 metros, com predomínio de laminação ondulada truncada de wavy ripples (Sw), laminações cruzadas de *ripples* de corrente (Sr), *ripples* combinadas de onda/corrente (Swr), estratificação cruzada *Swaley* (Ssw), estratificação horizontal (Sh), estratificação cruzada de baixo ângulo (Sl), estratificação cruzada indistinta (Sx) e arenitos deformados (Sd). Fragmentos carbonosos dispersos ou orientados conforme a estratificação são comuns, assim como feições de bioturbação e fluidização. Localizadamente ocorrem arenitos médios a grossos, mal selecionados, com grânulos e seixos de quartzo e granada (raros) dispersos, por vezes com base erosiva. Estes arenitos ocorrem maciços (Sm), com estratificação horizontal (Sh), estratificação de baixo ângulo (Sl) e laminação ondulada truncada (Sw).

**Figura 14** - Perfil colunar (esquerda) descrito a partir do intervalo testemunhado (direita), exemplificando a associação de fácies de *Shoreface Superior*.



**Interpretação:** Depósitos formados no nível de ação de ondas normais, com predomínio de estruturas indicativas de fluxo oscilatório. A presença por vezes de arenitos com laminações cruzadas de marcas onduladas (ripples de corrente) indica a existência de corrente unidirecional induzida por ondas, interagindo com fluxo oscilatório, gerando fluxos combinados (TINTERRI, 2011). A intercalação entre estruturas geradas por fluxo superior (Sh) e fluxo inferior (Sr) indica flutuações de energia no ambiente, que podem ser causadas por frequentes eventos de tempestade. Tais eventos ficam registrados pela presença de estratificações cruzadas *Swaley* (Ssw). Dam e Surlyk (1993) identificaram depósitos similares como pertencentes à zona de *Shoreface* de um lago dominado por ondas. Os depósitos de

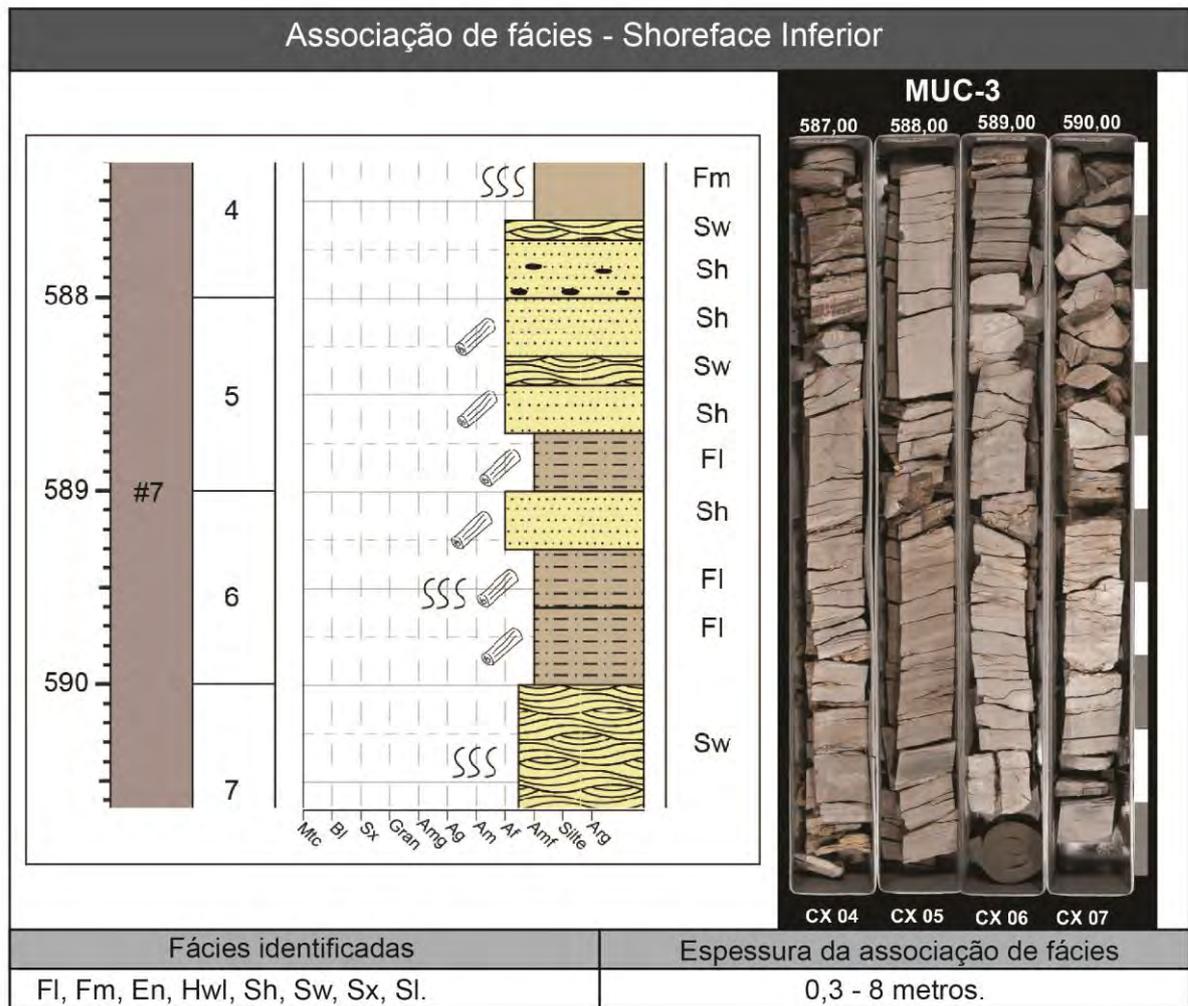
arenitos médios a grossos, mal selecionados, representam o retrabalhamento dos depósitos fluviais por fluxos oscilatórios vinculados a ondas e/ ou de tempestade.

### iii. *SHOREFACE* INFERIOR

Descrição: Essa associação de fácies é constituída por siltitos a arenitos muito finos, de coloração cinza escura, bem selecionados, com laminação horizontal (FI) ou maciços (Fm). Intercaladas a estas fácies (Figura 15) depositam-se arenitos finos a médios, bem selecionados, com laminação ondulada truncada (Sw), estratificação plano-paralela (Sh), baixo ângulo (SI) e estratificação cruzada indistinta (Sx). Identificam-se fácies heterolíticas com laminações onduladas truncadas associadas a marcas onduladas de ondas (Hwl, Hwm). Ocorrem raras camadas de FI com nódulos de anidrita displaciva, por vezes coalescentes (En). Feições de fluidização e bioturbação, além de fragmentos carbonosos, são frequentes.

Interpretação: Depósitos formados entre o nível de ação de ondas normais e o nível de ação de ondas de tempestade. A alternância entre fácies finas (siltitos e arenitos muito finos) com fácies de granulometria maior (arenitos médios a grossos) indica a alternância entre processos trativos e de decantação. Ocorre uma grande flutuação na energia, depositando fácies por decantação, intercaladas com fácies que registram eventos de tempestade (ILGAR; NEMEC, 2003). Dam e Surlyk (1993) identificaram depósitos similares como pertencentes à zona de *Shoreface* Inferior de um lago dominado por ondas.

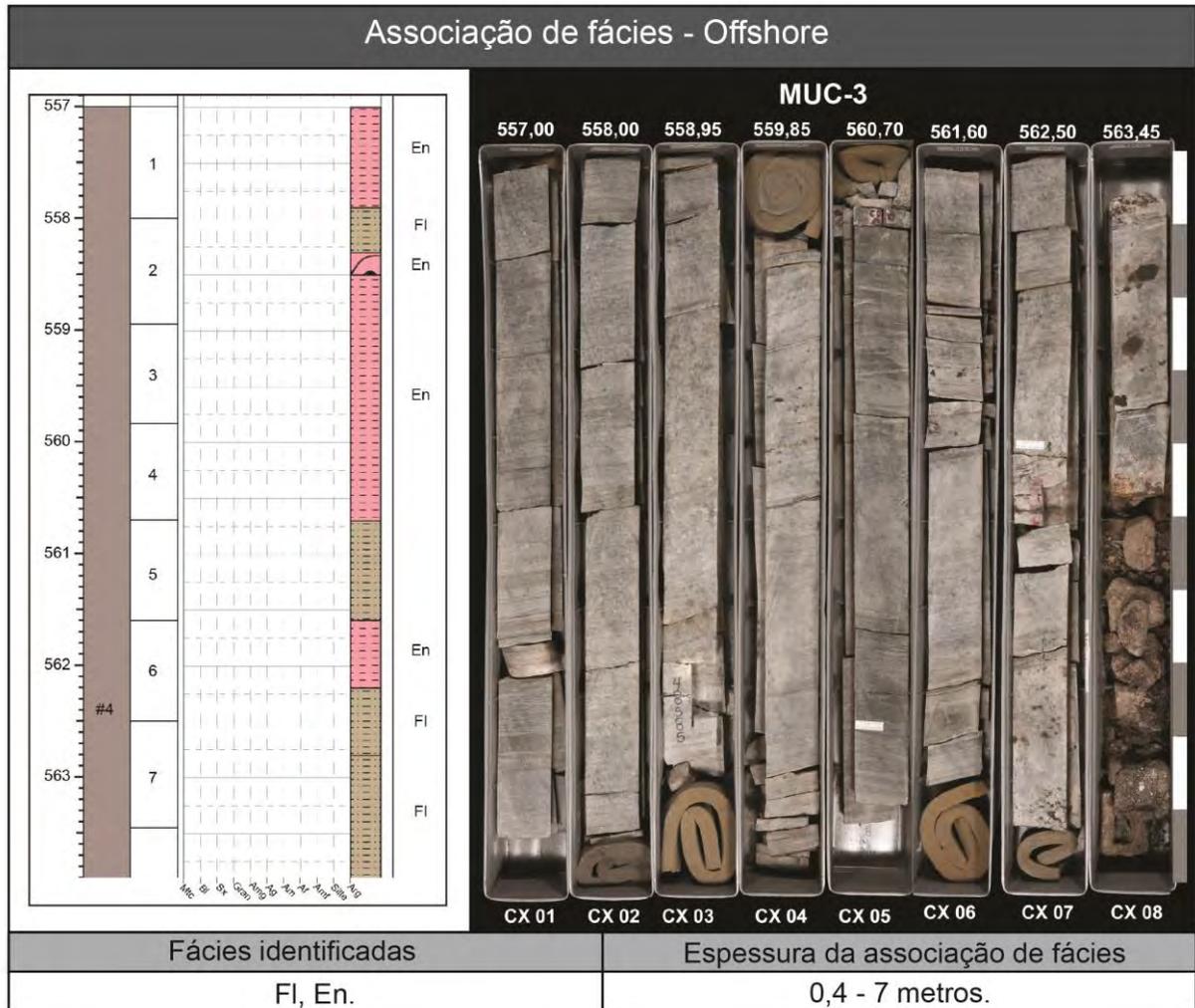
**Figura 15** - Perfil colunar (esquerda) descrito a partir do intervalo testemunhado (direita), exemplificando a associação de fácies de *Shoreface Inferior*.



#### iv. OFFSHORE

**Descrição:** Siltitos a arenitos muito finos, de cor cinza escura a preta, ricos em matéria orgânica, com laminação horizontal (FI). Camadas de siltitos com nódulos de anidrita displaciva, por vezes coalescentes, ocorrem deslocando a laminação (Figura 16) e por vezes formam camadas maciças de anidrita nodular (En). Ocorrem fragmentos carbonosos dispersos e feições de fluidização.

**Figura 16** - Perfil colunar (esquerda) descrito a partir do intervalo testemunhado (direita), exemplificando a associação de fácies de *Offshore*.



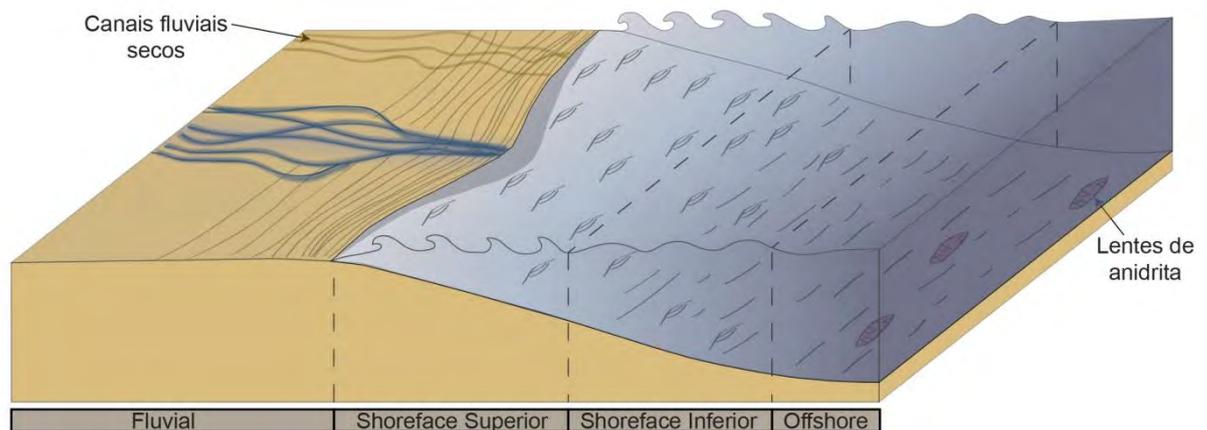
**Interpretação:** Sedimentos depositados abaixo da zona de ação de ondas de tempestade, com predomínio de processos de decantação e sem feições de exposição subaérea. A anidrita nodular e displaciva é formada nos pelitos durante a eodiagenese, próximo do contato sedimento-água (ALEALI et al., 2013). Dam e Surlyk (1993), Ilgar e Nemec (2003) descreveram depósitos similares como pertencentes a porções *offshore* de lagos dominados por ondas.

### 4.3 Reconstrução Paleoambiental/ Evolução Estratigráfica

Os sedimentos do terço superior do Membro Mucuri depositaram-se sob um contexto de clima árido (SCOTESE, 2005) durante o Eocretáceo. A identificação de

associações de fácies de depósitos fluviais pouco canalizados intercaladas com depósitos de associações de fácies de *shoreface* superior, inferior e *offshore* indica um ambiente deposicional no qual há a entrada de canais fluviais em um corpo d'água lacustre ou marinho. Uma das principais diferenças entre corpos d'água lacustres e marinhos é a ausência de estruturas sedimentares indicativas de maré (CHAKRABORTY; SARKAR, 2005). Portanto, a ausência do registro da ação de marés sugere que o intervalo analisado corresponda a um lago dominado por ondas (Figura 17).

**Figura 17** - Modelo deposicional da porção superior do Membro Mucuri.



A entrada de um fluvial em um corpo d'água ocorre na forma de um delta, que em um contexto lacustre dominado por ondas apresenta uma geometria em cúspide (Figura 17) que pode ser mais ou menos desenvolvida, dependendo da razão entre o aporte sedimentar fluvial e a energia das ondas (ANTHONY, 2015). A ocorrência frequente de ciclos retrogradacionais de alta frequência, conforme veremos no item posterior, sugere a ausência de sucessões de fácies deltaicas bem definidas. Lobos deltaicos são, por definição, progradacionais. Dessa forma, se tem que admitir que os fluviais que chegavam a costa lacustre não traziam sedimento suficiente para construir, na maioria das vezes, um lobo deltaico progradacional. Ou seja, todo o aporte fluvial que adentrava o lago era retrabalhado pela ação de ondas (Figura 17), que distribuía o sedimento lateralmente pela deriva litorânea. Mesmo nos intervalos progradacionais, os lobos deltaicos devem ter sido discretos, com formação de

cúspides pouco desenvolvidas, decorrentes da distribuição efetiva de sedimentos paralelos à costa, formando extensos cordões litorâneos.

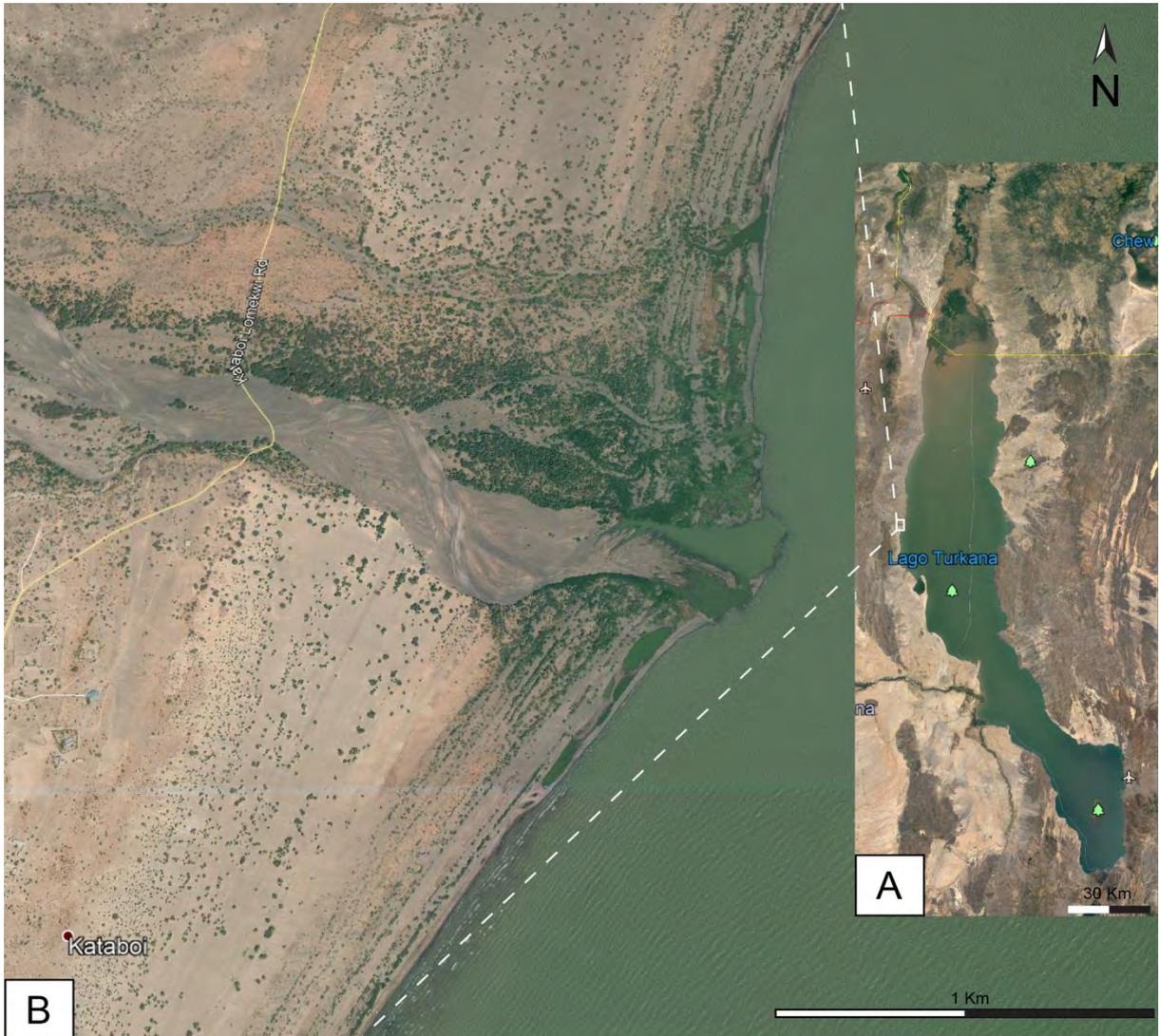
Como modelo deposicional análogo podemos citar o lago Turkana, um dos lagos do sistema de riftes do leste Africano, localizado no Quênia. Ele possui cerca de 250 km de comprimento e 30 km de largura, com profundidade variando entre 35 e 115 metros, sendo considerado um lago raso quando comparado a outros lagos formados em riftes (SCHUSTER; NUTZ, 2017). Johnson e Malala (2009) descrevem o clima como quente e seco, com regime de ventos soprando principalmente de sul e leste. Na margem oeste são identificados sistemas fluviais efêmeros (Figura 18) que fluem até a costa, não formando lobos deltaicos. Quando presentes, os lobos deltaicos são marcados por discretas protuberâncias da linha de costa (Figura 19). Os sedimentos fluviais são retrabalhados pela ação das ondas, disponibilizando sedimentos para formação de extensos cordões litorâneos.

**Figura 18** - Inúmeros fluviais efêmeros sendo retrabalhados por ondas (B) na margem leste do Lago Turkana (A), um dos lagos do sistema de riftes do leste Africano.



Fonte: Google Earth

**Figura 19** - Delta dominado por ondas (B) localizado na borda leste do Lago Turkana (A), um dos lagos do sistema de riftes do leste Africano.



Fonte: Google Earth

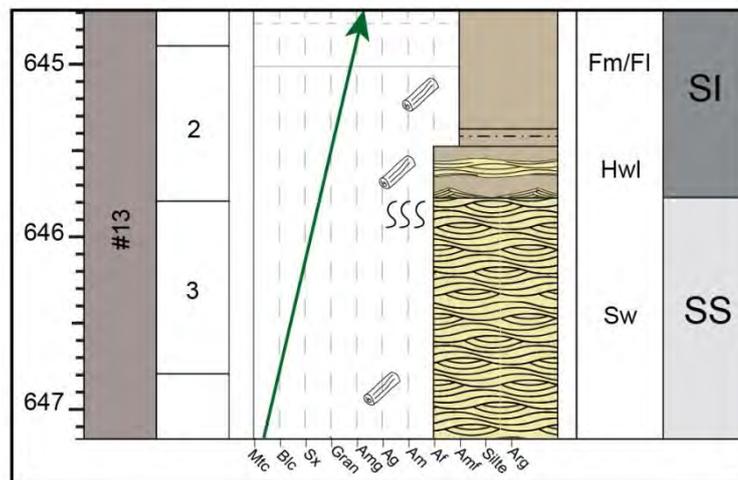
#### 4.4 Ciclos Sedimentares

A partir da sucessão vertical de associações de fácies foi possível estabelecer ciclos transgressivos-regressivos de alta frequência do nível do lago (espessuras inferiores a 20 metros). Os ciclos foram definidos somente nos trechos onde ocorreu uma testemunhagem contínua. Quando havia mais de um metro de intervalo testemunhado não recuperado, os ciclos não foram estabelecidos, uma vez que a mudança na associação de fácies ocorre em alta frequência, formando depósitos pouco espessos, e isto poderia ignorar a existência de associações de fácies

distintas no intervalo não recuperado. Conforme os padrões de empilhamento (retrogradacional e progradacional) foi possível a definição de três anatomias de ciclos: Ciclos T, R e T-R (Apêndice B).

Ciclos T: Composto por ciclos de 0,8 a 20 metros de espessura, com padrão de empilhamento retrogradacional. Foram identificados ciclos formados pela transgressão de depósitos de *shoreface* superior sobre fluvial, *shoreface* inferior sobre *shoreface* superior (Figura 20) e *offshore* sobre *shoreface* inferior, indicando a transgressão gradual da linha de costa em direção ao continente. Também foram identificados ciclos transgressivos nos quais há depósitos de *shoreface* inferior diretamente sobre depósitos fluviais, depósitos de *offshore* sobre *shoreface* superior ou de *offshore* sobre fluvial. Essa deposição indica que o evento de transgressão da linha de costa se deu de maneira rápida, gerando ou a erosão da associação de fácies intermediária, ou a não deposição da mesma diretamente sobre a associação de fácies adjacente.

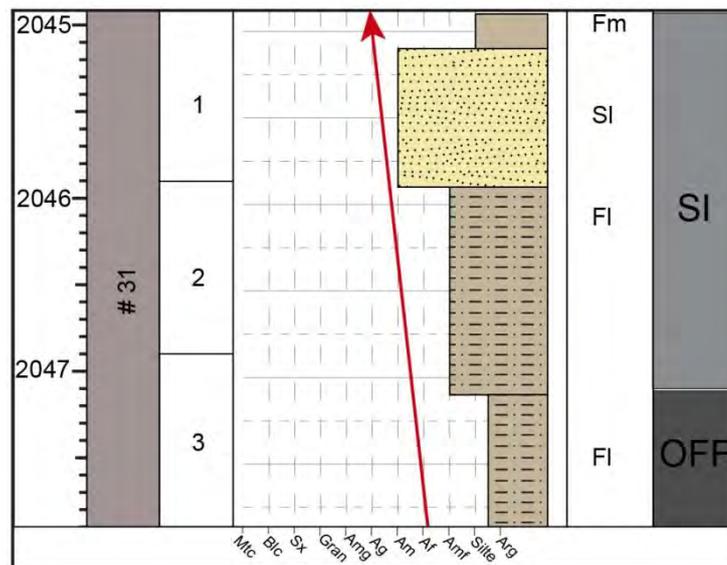
**Figura 20** - Exemplo de ciclo transgressivo (seta verde), evidenciado pela sucessão de depósitos de *shoreface* superior (SS) seguidos de depósitos de *shoreface* inferior (SI).



Ciclos R: Composto por ciclos de 0,7 a 23,7 metros de espessura, com padrão de empilhamento progradacional, gerados predominantemente por eventos de regressão normal. Foram identificados ciclos regressivos com espessura variando de 0,7 a 11,2 metros, com predomínio de depósitos de fluvial sobre *shoreface*

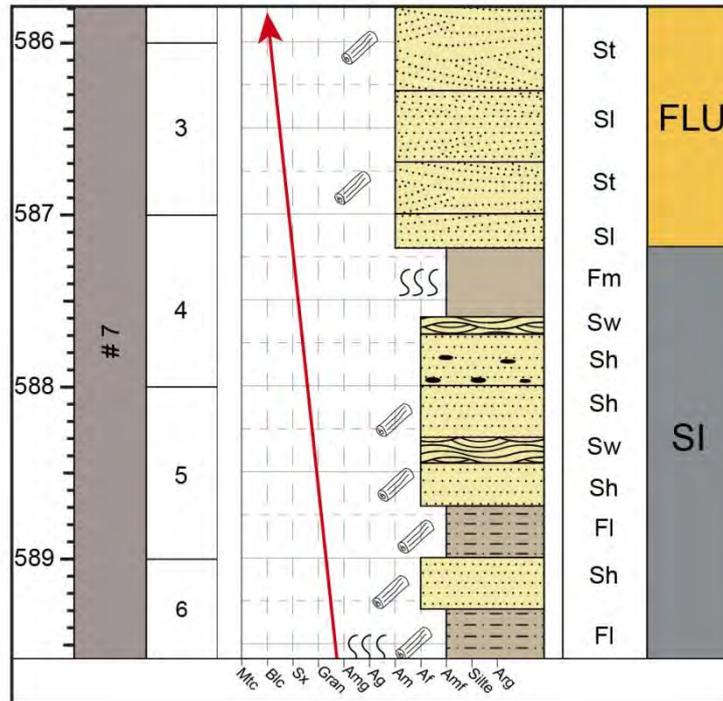
superior, além de depósitos de *shoreface* superior sobre *shoreface* inferior, *shoreface* inferior sobre *offshore* (Figura 21). Identificou-se um ciclo regressivo completo, com espessura de 23,7 metros, composto por *offshore*, *shoreface* inferior, *shoreface* superior e depósitos fluviais.

**Figura 21** - Exemplo de ciclo regressivo (seta vermelha) originado pelo empilhamento progradacional de associação de fácies de *shoreface* inferior (SI) sobre *offshore* (OFF), durante regressão normal.



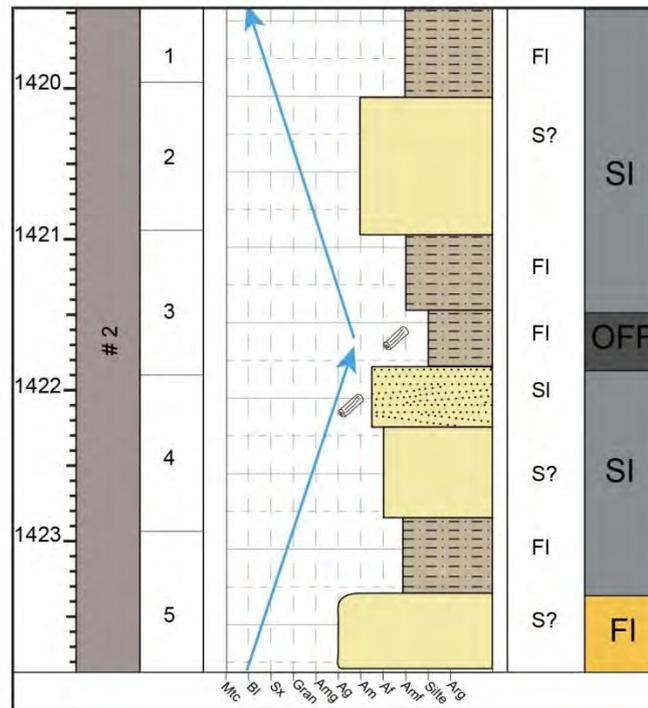
Além destes, foi identificado um ciclo de aproximadamente 4 metros de espessura, composto por depósitos fluviais diretamente sobre depósitos de *shoreface* inferior (Figura 22), podendo representar uma queda brusca do nível de base da bacia e conseqüentemente, uma regressão forçada (RF).

**Figura 22** - Exemplo de ciclo regressivo (seta vermelha), gerado pelo empilhamento progradacional de associação de fácies fluvial (FL) sobre *shoreface* inferior (SI), indicando regressão forçada.



Ciclos T-R: Composto por um único ciclo com 4,5 metros, no qual observa-se a transgressão de depósitos de *offshore* sobre *shoreface* inferior e fluvial, seguida da retrogradação do depósito de *offshore* sobre *shoreface* inferior (Figura 23). Ambos os intervalos apresentam espessura similar.

**Figura 23** - Ciclo T-R (setas azuis) originado a partir da deposição retrogradacional de associação de fácies fluvial (FL), seguida de *shoreface* inferior (SI) e *offshore* (OFF), gradando para um ciclo regressivo, com depósitos de *shoreface* inferior (SI).

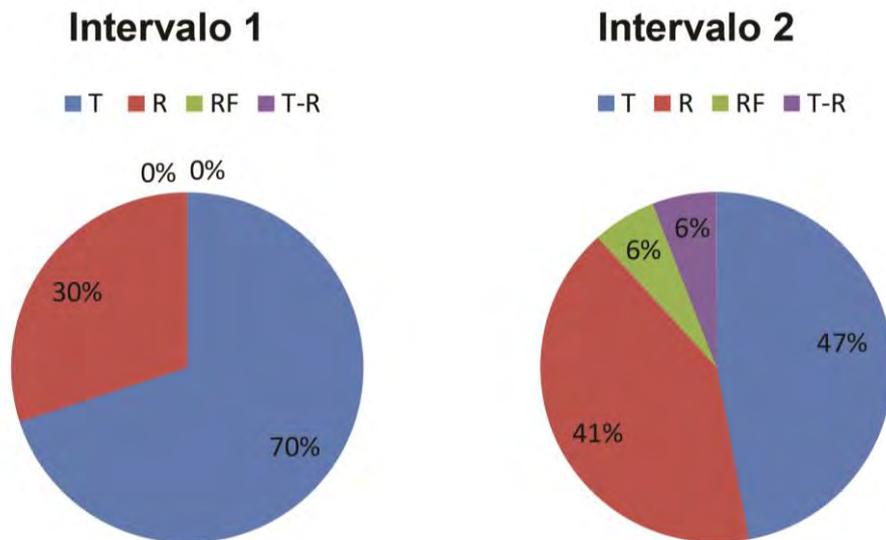


#### 4.5 Evolução Estratigráfica: natureza do contato entre os Membros Mucuri e Itaúnas

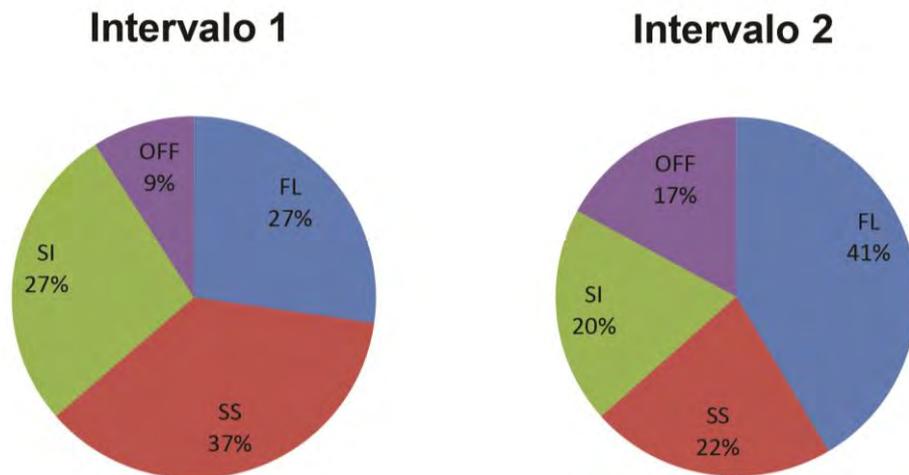
A seção estudada representa o terço superior da Formação Mucuri e foi subdividida operacionalmente em dois intervalos (Apêndice B). O intervalo inferior (Intervalo 1), está testemunhado nos poços MUC-3 e MUC-5, enquanto o intervalo superior (Intervalo 2) foi identificada nos poços MUC-1, MUC-2, MUC-3, MUC-4, MUC-5 e MUC-6. Esta subdivisão foi realizada com o intuito de verificar a existência ou não, de padrões diferentes de deposição em direção ao topo do Membro Mucuri, com intuito de caracterizar a natureza da passagem para o sistema evaporítico do Membro Itaúnas. A partir da elaboração de gráficos foi possível observar a distribuição das frequências de cada ciclo e associações de fácies (Figuras 24 e 25) nos dois intervalos estratigráficos. No Intervalo 1 há predomínio da ocorrência de ciclos transgressivos. Ao analisar as associações de fácies existentes, há predomínio de ocorrência de *shoreface* superior, seguida de *shoreface* inferior e

fluvial. Já no Intervalo 2, há igual ocorrência de ciclos T e R (R + RF). Os gráficos do intervalo 2, tanto de ocorrência de associações de fácies quanto de espessuras das mesmas, apresentaram valores muito similares, com domínio de associações de fácies fluviais em relação às demais.

**Figura 24** - Gráficos ilustrando a frequência de ocorrência dos ciclos nos dois intervalos (T – transgressivo, R – regressivo, RF – regressivo (regressão forçada), T-R – transgressivo-regressivo).



**Figura 25** - Gráficos ilustrando a frequência de ocorrência das associações de fácies nos dois intervalos (OFF – Associação de fácies de *offshore*, SS - Associação de fácies de *Shoreface* superior, SI – Associação de fácies de *Shoreface* Inferior, FL – Associação de fácies fluvial).

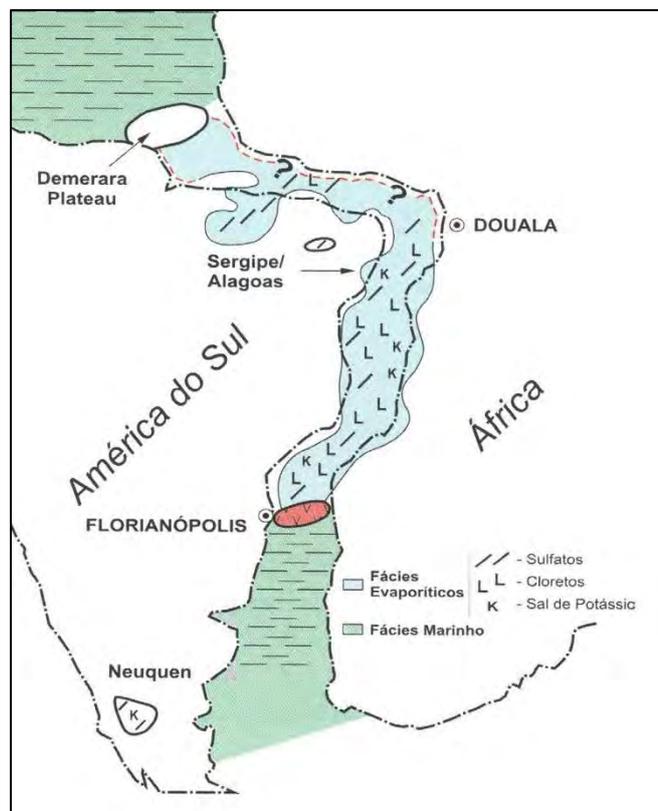


Sendo assim, o predomínio de ciclos regressivos e de ocorrência de fácies mais proximais em direção ao topo do Membro Mucuri mostram uma tendência

regressiva, sugerindo uma diminuição da razão acomodação/suprimento sedimentar ao longo da sucessão estratigráfica. Dessa forma, o estabelecimento do sistema evaporítico do Membro Itaúnas representa uma transgressão rápida, marcando um afogamento abrupto da bacia.

Com base nos elevados teores de bromo nas halitas, nos valores isotópicos de estrôncio identificados nas anidritas e nas feições sedimentológicas, Dias (1998) afirma que a deposição do Membro Itaúnas se deu em águas marinhas rasas. A formação do espesso pacote evaporítico na margem leste brasileira (Figura 26), que engloba o Membro Itaúnas, só foi possível devido à existência da Dorsal de São Paulo/Alto de Florianópolis, que estabeleceu uma barreira geográfica restringindo a circulação de água e ao clima árido atuante neste mar restrito (MOHRIAK; SZATMARI; ANJOS, 2008).

**Figura 26** - Reconstituição palinspática da América do Sul e África com distribuição regional do sal aptiano superior, fase de mar restrito.



Fonte: MOHRIAK, SZATMARI e ANJOS (2008).

Portanto, o afogamento ocorrido na transição entre o Membro Mucuri e Itaúnas foi ocasionado pela entrada abrupta de águas marinhas em um sistema

lacustre, antes eminentemente continental. Este afogamento abrupto pode ter sido de origem tectônica, devido aos esforços finais de ruptura do rifte e consequente subsidência mecânica, ou ainda devido a grandes eventos de transgressão capazes de adentrar o continente e recobrir os sistemas de lagos existentes.

## 5 CONCLUSÕES

- Foram identificadas 17 litofácies, sendo duas conglomeráticas, dez arenosas, quatro pelíticas e uma evaporítica;
- Através do agrupamento das fácies geneticamente relacionadas foi possível identificar quatro associações de fácies: depósitos fluviais fracamente canalizados, *shoreface* superior, *shoreface* inferior e *offshore*;
- O modelo deposicional consiste em fluviais pouco canalizados desembocando em um lago dominado por ondas, sendo utilizado como modelo similar o Lago Turkana, um dos lagos do sistema de riftes do leste africano;
- Foram estabelecidos ciclos transgressivos, regressivos e transgressivos-regressivos a partir da sucessão vertical de associações de fácies. Esses ciclos de alta frequência refletem as variações do nível do lago;
- O intervalo estudado foi subdividido em dois, sendo que no Intervalo 1 foi identificado o predomínio da ocorrência de ciclos transgressivos e associações de fácies de *shoreface* superior, e no Intervalo 2 foi identificado o predomínio de ciclos transgressivos e regressivos e associações de fácies fluviais. A análise dos ciclos nos dois intervalos indicou uma tendência de diminuição da razão acomodação/suprimento sedimentar, não indicando o afogamento gradual da bacia. Isso permite interpretar que a transgressão registrada pelo sistema evaporítico do Membro Itaúnas se deu de forma rápida, registrando um afogamento abrupto da bacia;
- A passagem dos depósitos siliciclásticos do Membro Mucuri para os depósitos evaporíticos do Membro Itaúnas reflete a mudança de um ambiente lacustre continental para um ambiente marinho restrito, corroborando com a evolução do rifte.

## REFERÊNCIAS

ALEALI, M., RAHIMOUR-BONAB, H., MOUSSAVI-HARAMI, R., JAHANI, D. Environmental and sequence stratigraphic implications of anhydrite textures: a case from the Lower Triassic of the Central Persian Gulf. **Journal of Asian Earth Sciences**, v. 75, p. 110–125, 2013.

AMOROSI, A., CENTINEO, M.C., COLALONGO, M.L., FIORINI, F. Millennial-scale depositional cycles from the Holocene of the Po Plain, Italy. **Marine Geology**, 222 e 223, p. 7-18, 2005.

ANTHONY, E. J. Wave influence in the construction, shaping and destruction of river deltas: a review. **Marine Geology**, v. 361, p. 53-78, 2014.

ASMUS, H.E., GOMES, J.B. e PEREIRA, A.C.B. Integração geológica regional da bacia do Espírito Santo. **Anais do XXV Congresso Brasileiro de Geologia**, p. 235-254, 1971.

BLAIR, T. C. Sedimentology and progressive tectonic unconformities of the sheetflood-dominated Hell's Gate alluvial fan, Death Valley, California. **Sedimentary Geology**, v. 132, p. 233-262, 2000.

CATUNEANU, O., ABREU, V., BHATTACHARYA, J.P., BLUM, M.D., DALRYMPLE, R.W., ERIKSSON, P.G., FIELDING, C.R., FISHER, W.L., GALLOWAY, W.E., GIBLING, M.R., GILES, K.A., HOLBROOK, J.M., JORDAN, R., KENDALL, C.G.ST.C., MACURDA, B., MARTINSEN, O.J., MIAL, A.D. Towards the standardization of sequence stratigraphy. **Earth-Science Reviews**, v. 92, p. 1-33, 2009.

CATUNEANU, O., BHATTACHARYA, J.P., BLUM, M.D., DALRYMPLE, R.W., ERIKSSON, P.G., FIELDING, C.R., FISHER, W.L., GALLOWAY, W.E., GIANOLLA, P., GIBLING, M.R., GILES, K.A., HOLBROOK, J.M., JORDAN, R., KENDALL, C.G.ST.C., MACURDA, B., MARTINSEN, O.J., MIAL, A. Sequence stratigraphy: common ground after three decades of development. **First Break**, v. 28, p. 21-34, 2010.

CATUNEANU, O., GALLOWAY, W.E., KENDALL, C.G.ST.C., MIAL, A.D., POSAMENTIER, H.W., STRASSER, A., TUCKER, M.E. Sequence stratigraphy: methodology and nomenclature. **Newsletters on Stratigraphy**, v. 44, p. 173-245, 2011.

CATUNEANU, O., ZECCHIN, M. High-resolution sequence stratigraphy of clastic shelves II: Controls on sequence development. **Marine and Petroleum Geology**, v. 39, p. 26-38, 2012.

CHAKRABORTY, T., SARKAR, S. Evidence of lacustrine sedimentation in the Upper Permian Bijori Formation, Satpura Gondwana basin: Palaeogeographic and tectonic implications. **Journal of Earth System Science**, p. 303-323, 2005.

CLOETINGH, S. Intraplate stress: a tectonic cause for third order cycles in apparent sea level. In: WILGUS, C.K., HASTINGS, B.S., KENDALL, C.G.ST.C., POSAMENTIER, H.W., ROSS, C.A., VAN WAGONER, J.C. **Sea Level Changes: an Integrated Approach**. SEPM Publicação Especial, vol. 42, p. 19-30, 1988.

COE, A. L. **Geological field techniques**. United Kingdom: The Open University, 2010. 336 p.

COLLINSON, J. D. The sedimentology of the Grindslow Shales and the Kinderscout Grit: a deltaic complex in the Namurian of northern England. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 39, p. 194-221, 1969.

DAM, G., SURLYK, F. Cyclic sedimentation in a large wave and storm dominated anoxic lake; Kap Stewart Formation (Rhaetian-Sinemurian), Jameson Land, East Greenland. **Sedimentological association**, v. 18, p. 419-448, 1993.

DIAS, J. L. **Análise sedimentológica e estratigráfica do andar Aptiano em parte da Margem Leste do Brasil e no Platô das Malvinas: considerações sobre as primeiras incursões e ingressões marinhas do Oceano Atlântico Sul Meridional**. 1988. 208 p. Tese de doutorado. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998.

DI CELMA, C., CANTALAMESSA, G. Sedimentology and high-frequency sequence stratigraphy of a forearc extensional basin: the Miocene Caleta Herradura Formation, Mejillones Peninsula, northern Chile. **Sedimentary Geology** 198, p. 29-52, 2007.

EINSELE, G., RICKEN, W., SEILACHER, A. **Cycles and Events in Stratigraphy**. Berlin: Springer-Verlag, 1991.

ELIS, D. V., SINGER, J. M. **Well logging for Earth Scientists**. 2. ed. Dordebrecht, Holanda: Springer, 2008. 708 p.

FIELDING, C. R., BANN, K. L., MAC EACHERN, J. A., TYE, S. C., JONES, B. G. Cyclicality in the nearshore marine to coastal, Lower Permian, Pebbley Beach Formation, southern Sydney Basin, Australia: a record of relative sea-level fluctuations at the close of the Late Palaeozoic Gondwanan ice age. **Sedimentology** 53, p. 435-463, 2006.

FRANÇA R.L., DEL REY, A. C., TAGLIARI, C. V., BRANDÃO, J. R., FONTANELLI, P. R. Bacia do Espírito Santo. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, Brasil, v. 12, p. 501-509, 2007.

ILGAR, A., NEMEC, W. Early Miocene lacustrine deposits and sequence stratigraphy of the Ermenek Basin, Central Taurides, Turkey. **Sedimentary Geology**, v. 173, p. 233-275, 2003.

JOHNSON T. C., MALALA, J. O. Lake Turkana and its link to the Nile. In: DUMOND, H. J. **The Nile: origin, environments, limnology and human use**. Monographiae Biologicae. Springer, Dordrecht, v. 89, 2009. p. 287-304.

KIDWELL, S.M. Anatomy of extremely thin marine sequences landward of a passive-margin hinge zone: Neogene Calvert Cliffs succession, Maryland, U.S.A. **Journal of Sedimentary Research** 67, p. 322- 340, 1997.

LUCIA, F. J. Wireline logs. In: **Carbonate Reservoir Characterization**. 2. ed. Austin, Texas: Springer, 2007.

MENDES, J. C. **Elementos de estratigrafia**. São Paulo, SP: Biblioteca de Ciências Naturais, v. 12, 1992.

MIALL, A. D. Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. **Geological Survey of Canada**, p. 597-604, 1977.

\_\_\_\_\_. **The Geology of Stratigraphic Sequences**. Berlin: Springer-Verlag, 1997. 433 p.

\_\_\_\_\_. **The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies. Basin Analysis and Petroleum Geology**. Nova York, Springer-Verlag, 1996. 582p.

MOHRIAK, W., SZATMARI, P., ANJOS, S. M. C. **Sal: Geologia e Tectônica – exemplos nas bacias brasileiras**. Editora Beca, São Paulo, 2008.

SCHUSTER, M., NUTZ, A.. Lacustrine wave-dominated clastic shorelines: modern to ancient littoral landforms and deposits from the lake Turkana Basin (East African Rift System, Kenya). **Journal of Paleolimnology**, 2017.

SCOTESE, C. R. **Paleomap Project**, 2005. Disponível em: <<http://www.scotese.com/>>. Acesso em: 20 outubro 2017.

STEFANI, M., VINCENZI, S. The interplay of eustasy, climate and human activity in the late Quaternary depositional evolution and sedimentary architecture of the Po Delta system. **Marine Geology** 222 e 223, p.19- 48, 2005.

TINTERRI, R. Combined flow sedimentary structures and the genetic link between sigmoidal and hummocky-cross stratification. **Geoacta**, v. 10, p. 43-85, 2011.

VIEIRA, R. A. B. **Análise estratigráfica e evolução paleogeográfica da seção Neoptiana na Porção Sul da Plataforma de São Mateus, Bacia do Espírito Santo, Brasil**. 1998. 158 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

VIEIRA, R. A. B., MENDES, M. P., VIEIRA, P.E., COSTA, L. A. R., TAGLIARI, C. V., BACELAR, L. A. P., FEIJÓ, F.J. Bacias do Espírito Santo e Mucuri. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 8, p. 191-202, 1994.

WALKER, R.G.; JAMES, N.P. **Facies Models: Response to Sea Level Change**. Toronto, Ontário: Geological Association of Canada., 1992. 409 p.

ZECCHIN, M. Relationships between fault-controlled subsidence and preservation of shallow-marine small-scale cycles: example from the lower Pliocene of the Croton Basin (southern Italy). **Journal of Sedimentary Research** 75, p. 300-312, 2005.

\_\_\_\_\_. The architectural variability of small-scale cycles in shelf and ramp clastic systems: The controlling factors. **Earth Science Reviews**, v. 84, p. 21-55, 2007.

**APÊNDICE**

Apêndice A – Perfis colunares .....	CD
Apêndice B – Seção de correlação.....	63
Apêndice C – Fichas de avaliação da banca.....	64

## Litofácies

Gm - Conglomerado maciço	Sw - Arenito com ripples de onda	Hwl - Heterolito com wave ripples e pelito laminado, acamamento wavy
Gh - Conglomerado com estratificação horizontal	Ssw - Arenito com estratificação cruzada swaley	Hwl - Heterolito com wave ripples e pelito laminado, acamamento linsen
Sm - Arenito maciço	Sr - Arenito com laminação cruzada de marcas onduladas (current ripples)	Hrl - Heterolito com ripples de corrente e pelito laminado, acamamento wavy
Sl - Arenito com estratificação cruzada de baixo ângulo	Swr - Arenito com ripples combinadas de onda/corrente	Fl - Pelito laminado
Sh - Arenito com estratificação cruzada tangencial	Sgm - Arenito conglomerático	Fm - Pelito maciço
St - Arenito com estratificação cruzada tangencial	Sd - Arenito deformado por fluidização	En - Evaporito, anidrita nodular coalescente
Sx - Arenito com estratificação cruzada indistinta	Hwl - Heterolito com wave ripples e pelito laminado, acamamento flaser	Ed - Evaporito, Anidrita deformada

## Padrão de empilhamento

- Retrogradacional
- Progradacional
- Retrogradacional - Progradacional

## Estruturas adicionais

- Fraturas
- Fluidização
- Bioturbação
- Liquefação
- Fragmentos carbonosos

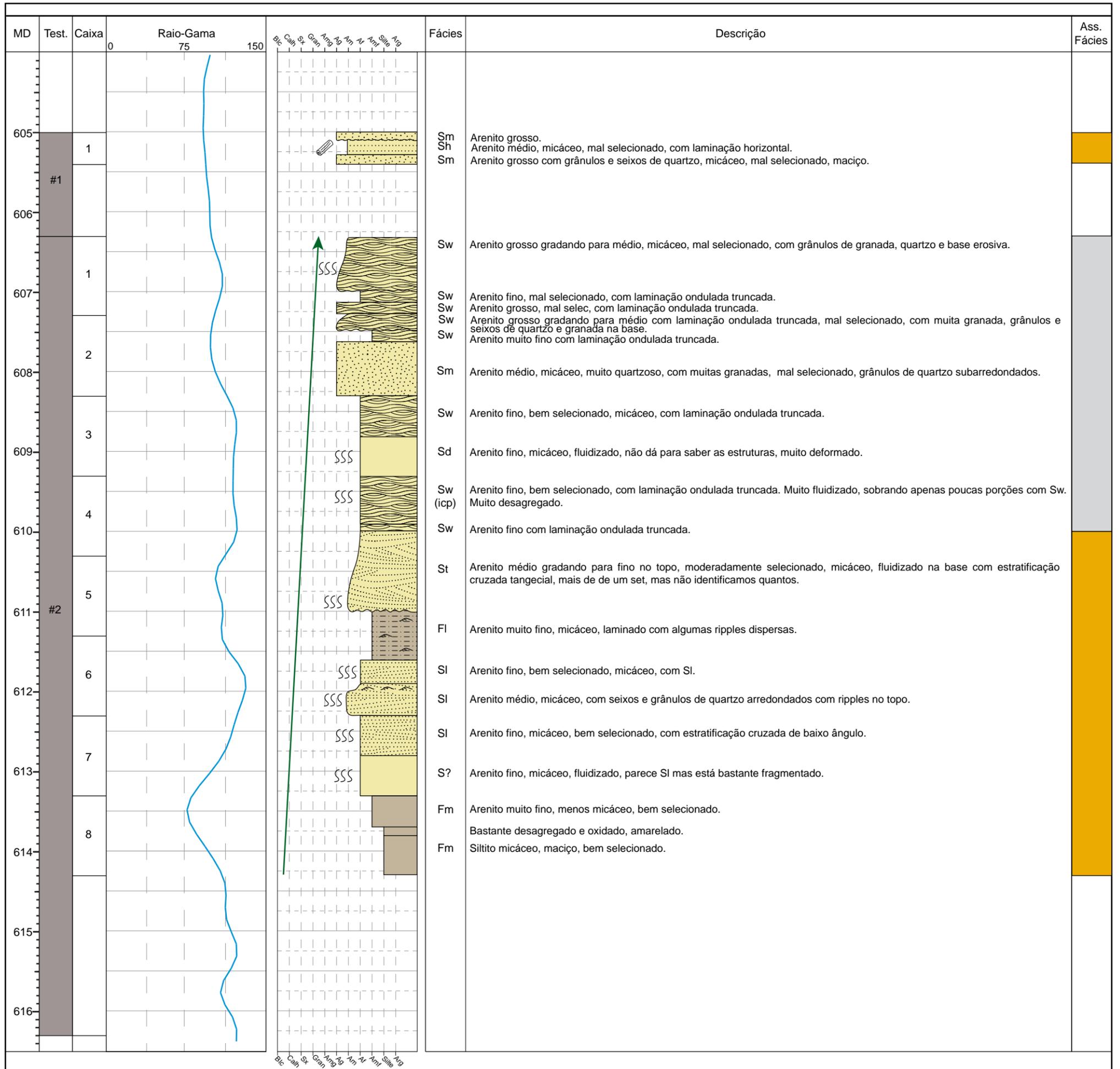
Nº Testemunho	Topo MD (m)	Base MD (m)
---------------	-------------	-------------

<b>Testemunhos 1 a 2</b>	<b>605,00</b>	<b>615,30</b>
--------------------------	---------------	---------------

<b>Escala: 1:50</b>	<b>Sistema: métrico</b>
---------------------	-------------------------

## Associação de fácies

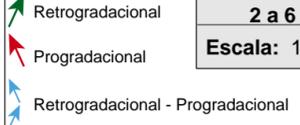
- Offshore
- Shoreface inferior
- Shoreface superior
- Fluvial



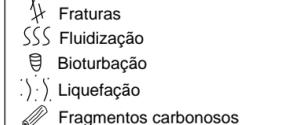
### Litofácies

Gm - Conglomerado maciço	Sw - Arenito com ripples de onda	Hwl - Heterolito com wave ripples e pelito laminado, acamamento wavy
Gh - Conglomerado com estratificação horizontal	Ssw - Arenito com estratificação cruzada swaley	Hwl - Heterolito com wave ripples e pelito laminado, acamamento linsen
Sm - Arenito maciço	Sr - Arenito com laminação cruzada de marcas onduladas (current ripples)	Hrl - Heterolito com ripples de corrente e pelito laminado, acamamento wavy
Sl - Arenito com estratificação cruzada de baixo ângulo	Swr - Arenito com ripples combinadas de onda/corrente	Fl - Pelito laminado
Sh - Arenito com estratificação cruzada tangencial	Sgm - Arenito conglomerático	Fm - Pelito maciço
St - Arenito com estratificação cruzada tangencial	Sd - Arenito deformado por fluidização	En - Evaporito, anidrita nodular coalescente
Sx - Arenito com estratificação cruzada indistinta	Hwl - Heterolito com wave ripples e pelito laminado, acamamento flaser	Ed - Evaporito, Anidrita deformada

### Padrão de empilhamento

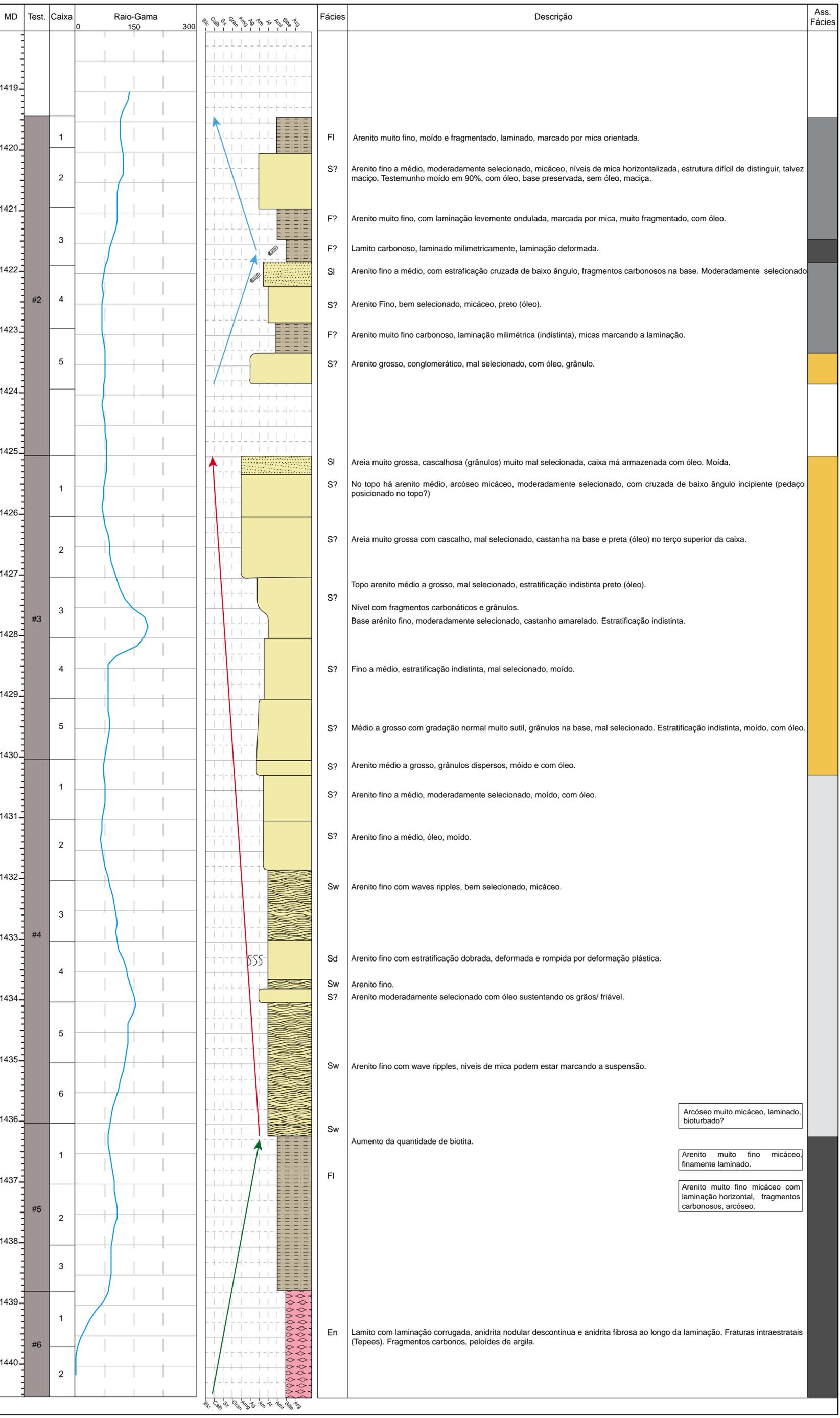
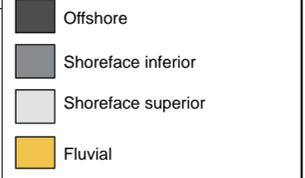


### Estruturas adicionais



Nº Testemunho	Topo MD (m)	Base MD (m)
Testemunhos 2 a 6	1419,4	1440,5
Escala: 1:50		Sistema: métrico

### Associação de fácies



Arcóseo muito micáceo, laminado, bioturbado?

Arenito muito fino micáceo, finamente laminado.

Arenito muito fino micáceo com laminação horizontal, fragmentos carbonosos, arcóseo.

## Litofácies


## Padrão de empilhamento

	Retrogradacional
	Progradacional
	Retrogradacional - Progradacional

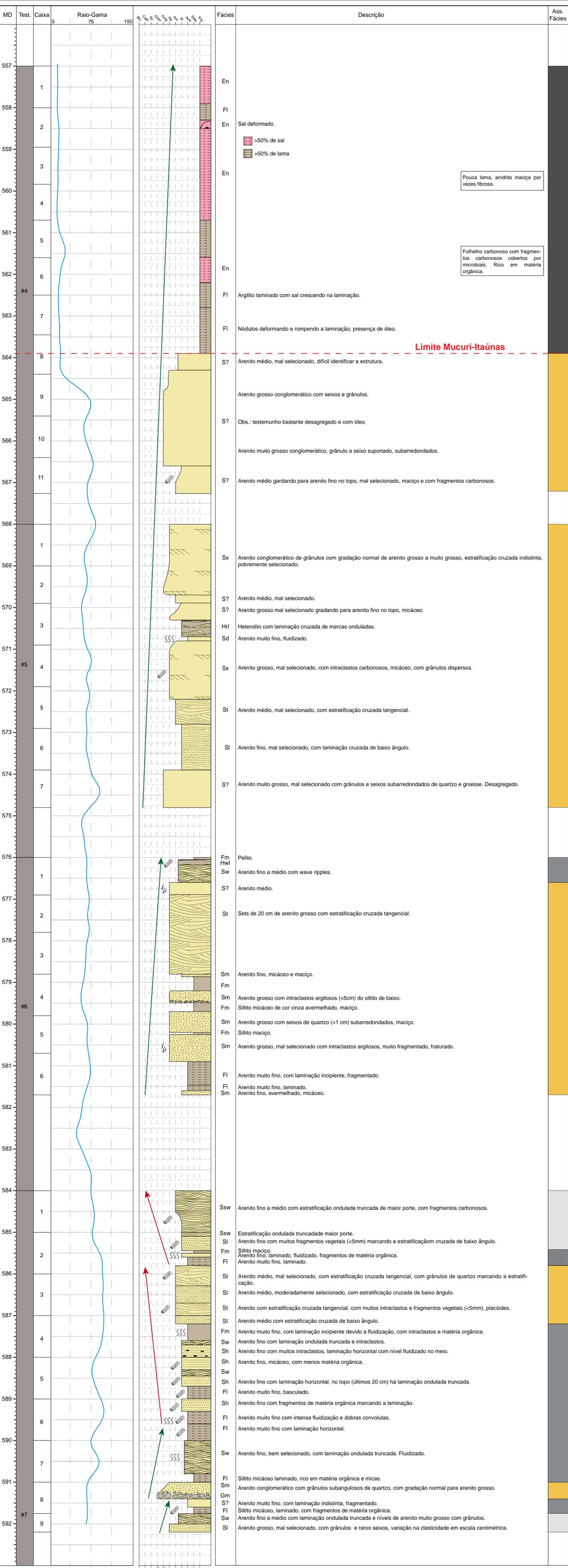
## Estruturas adicionais

	Fraturas
	Fluidização
	Bioturbação
	Liquefação
	Fragmentos carbonosos

Nº Testemunho	Topo MD (m)	Base MD (m)
Testemunhos 4 a 8	557,00	592,2
Escala: 1:50		Sistema: métrico

## Associação de fácies

	Offshore
	Shoreface inferior
	Shoreface superior
	Fluvial



## Litofácies

Gm - Conglomerado maciço	Sw - Arenito com ripples de onda	Hwl - Heterolito com wave ripples e pelito laminado, acamadamento wavy
Gh - Conglomerado com estratificação horizontal	Ssw - Arenito com estratificação cruzada swaley	Hwl - Heterolito com wave ripples e pelito laminado, acamadamento linsen
Sm - Arenito maciço	Sr - Arenito com laminação cruzada de marcas onduladas (current ripples)	Hrl - Heterolito com ripples de corrente e pelito laminado, acamadamento wavy
Sl - Arenito com estratificação cruzada de baixo ângulo	Swr - Arenito com ripples combinadas de onda/corrente	Fl - Pelito laminado
Sh - Arenito com estratificação cruzada tangencial	Sgm - Arenito conglomerático	Fm - Pelito maciço
St - Arenito com estratificação cruzada tangencial	Sd - Arenito deformado por fluidização	En - Evaporito, anidrita nodular coalescente
Sx - Arenito com estratificação cruzada indistinta	Hwl - Heterolito com wave ripples e pelito laminado, acamadamento flaser	Ed - Evaporito, Anidrita deformada

## Padrão de empilhamento

	Retrogradacional
	Progradacional
	Retrogradacional - Progradacional

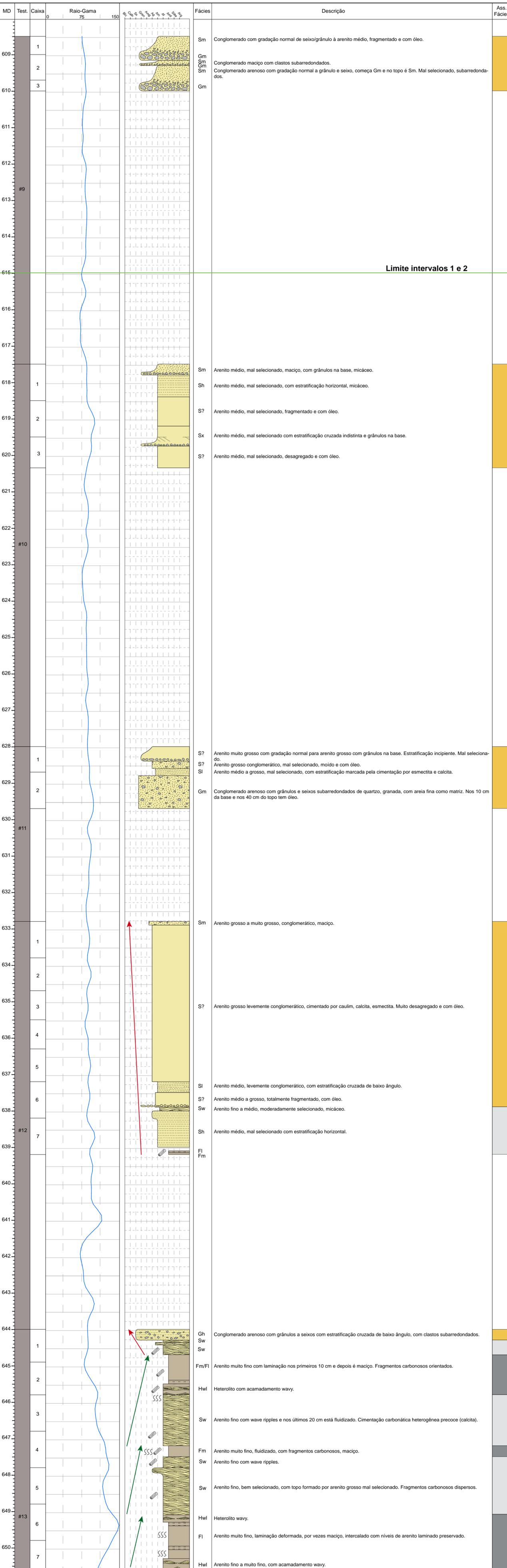
## Estruturas adicionais

	Fraturas
	Fluidização
	Bioturbação
	Liquefação
	Fragmentos carbonosos

Nº Testemunho	Topo MD (m)	Base MD (m)
Testemunhos 9 a 13	608.5	650.6
Escala: 1:50		
Sistema: métrico		

## Associação de fácies

	Offshore
	Shoreface inferior
	Shoreface superior
	Fluvial



## Litofácies

Gm - Conglomerado maciço	Sw - Arenito com ripples de onda	Hwl - Heterolito com wave ripples e pelito laminado, acamamento wavy
Gh - Conglomerado com estratificação horizontal	Ssw - Arenito com estratificação cruzada swaley	Hwl - Heterolito com wave ripples e pelito laminado, acamamento linsen
Sm - Arenito maciço	Sr - Arenito com laminação cruzada de marcas onduladas (current ripples)	Hrl - Heterolito com ripples de corrente e pelito laminado, acamamento wavy
Sl - Arenito com estratificação cruzada de baixo ângulo	Swr - Arenito com ripples combinadas de onda/corrente	Fl - Pelito laminado
Sh - Arenito com estratificação cruzada tangencial	Sgm - Arenito conglomerático	Fm - Pelito maciço
St - Arenito com estratificação cruzada tangencial	Sd - Arenito deformado por fluidização	En - Evaporito, anidrita nodular coalescente
Sx - Arenito com estratificação cruzada indistinta	Hwl - Heterolito com wave ripples e pelito laminado, acamamento flaser	Ed - Evaporito, Anidrita deformada

## Padrão de empilhamento

- Retrogradacional
- Progradacional
- Retrogradacional - Progradacional

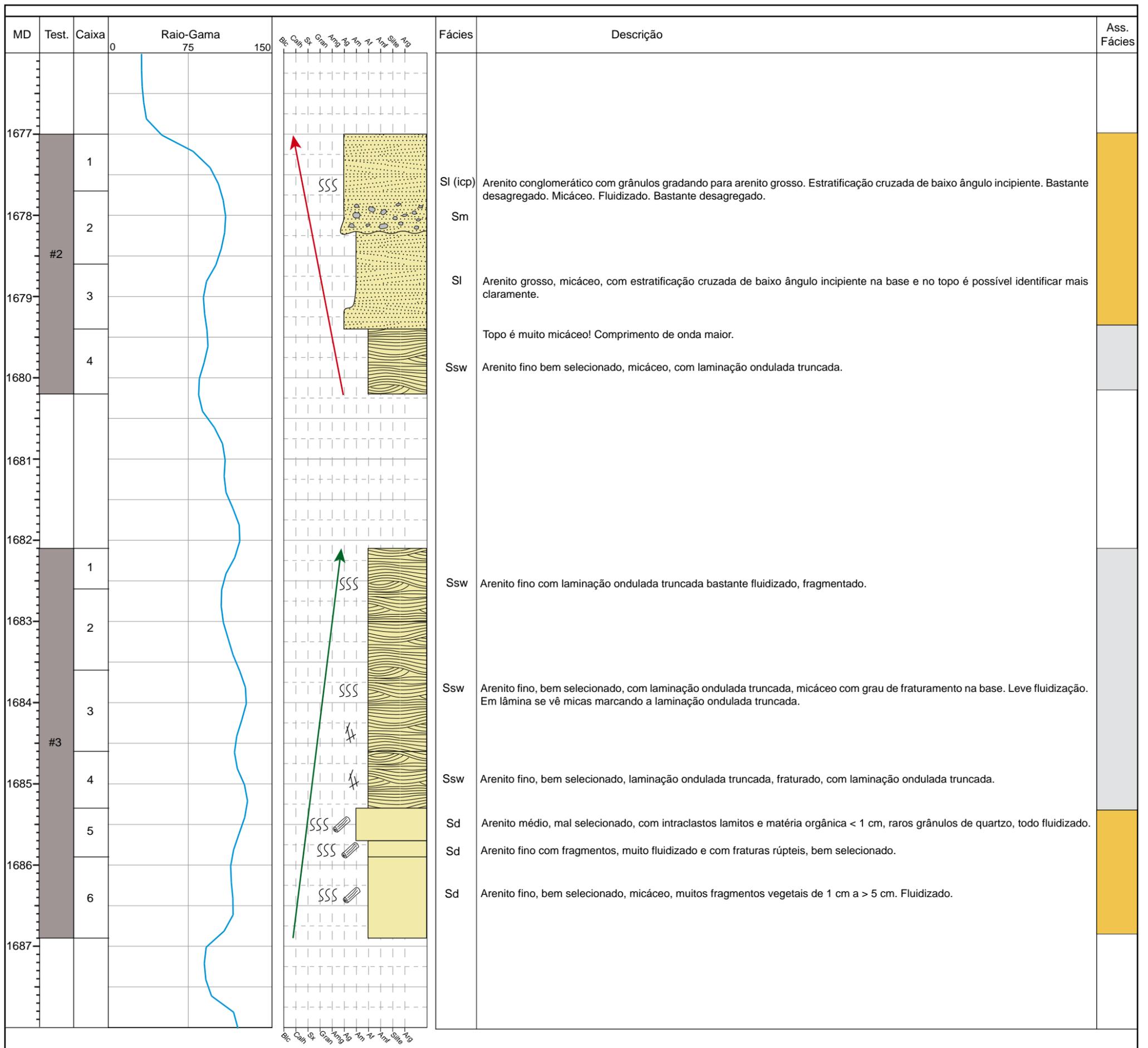
## Estruturas adicionais

- Fraturas
- Fluidização
- Bioturbação
- Liquefação
- Fragmentos carbonosos

Nº Testemunho	Topo MD (m)	Base MD (m)
Testemunhos 2 a 3	1677,00	1686,90
Escala: 1:50		Sistema: métrico

## Associação de fácies

- Offshore
- Shoreface inferior
- Shoreface superior
- Fluvial



### Litofácies

Gm - Conglomerado maciço	Sw - Arenito com ripples de onda	Hwl - Heterolito com wave ripples e pelito laminado, acamamento wavy
Gh - Conglomerado com estratificação horizontal	Ssw - Arenito com estratificação cruzada swaley	Hwl - Heterolito com wave ripples e pelito laminado, acamamento linsen
Sm - Arenito maciço	Sr - Arenito com laminação cruzada de marcas onduladas (current ripples)	Hrl - Heterolito com ripples de corrente e pelito laminado, acamamento wavy
Sl - Arenito com estratificação cruzada de baixo ângulo	Swr - Arenito com ripples combinadas de onda/corrente	Fl - Pelito laminado
Sh - Arenito com estratificação cruzada tangencial	Sgm - Arenito conglomerático	Fm - Pelito maciço
St - Arenito com estratificação cruzada tangencial	Sdl - Arenito deformado por fluidização	En - Evaporito, anidrita nodular coalescente
Sx - Arenito com estratificação cruzada indistinta	Hwl - Heterolito com wave ripples e pelito laminado, acamamento flaser	Ed - Evaporito, Anidrita deformada

### Padrão de empilhamento



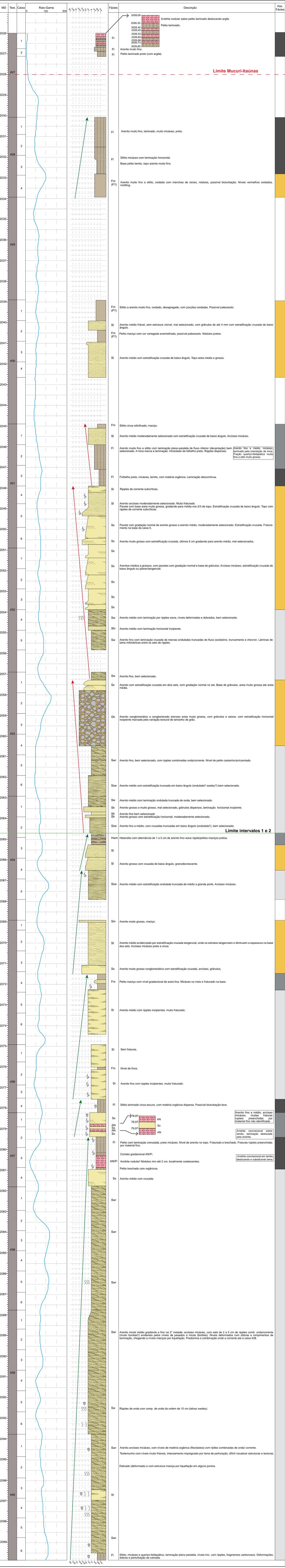
### Estruturas adicionais



Nº Testemunhos	Topo MD (m)	Base MD (m)
27 a 40	2026,00	2099,90

Escala: 1:50 Sistema: métrico

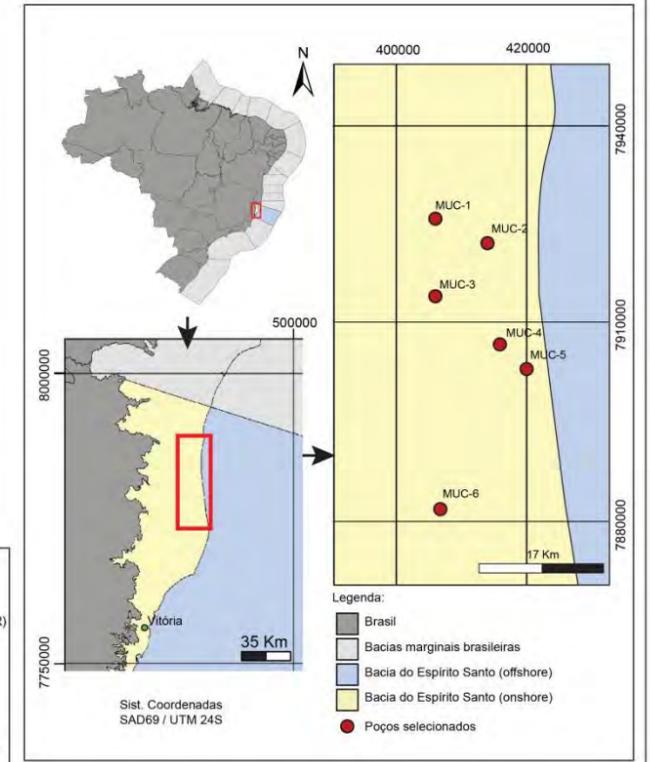
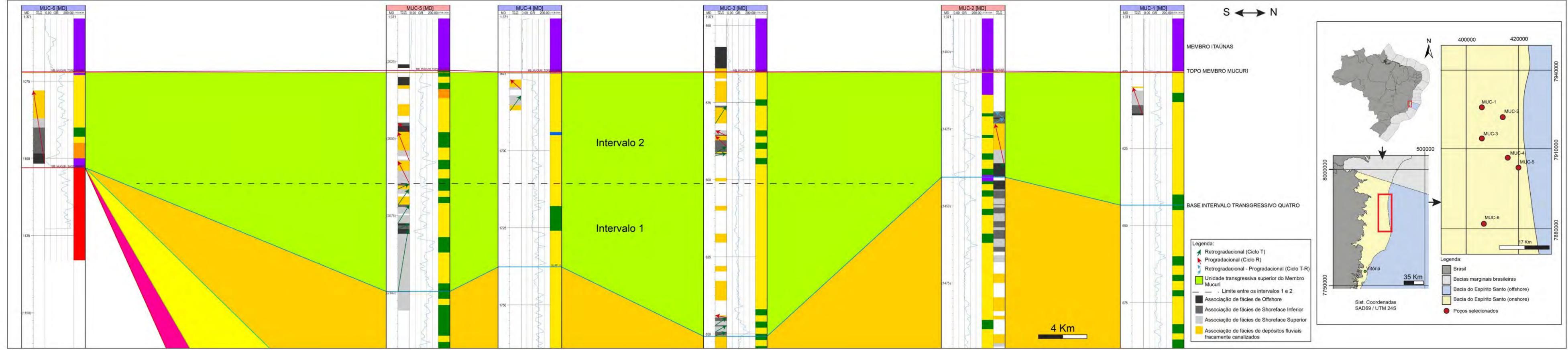
### Associação de fácies



### Limite intervalos 1 e 2

Arenito fino a médio, arcóseo micáceo, muitas fraturas rúpteis preenchidas por material fino não identificado.  
Anidrita concrecional sobre lamito, laminação deslocada pela anidrita.  
Anidrita concrecional em lamito, deslocando e substituindo lama.





### GEO 03015 – PROJETO TEMÁTICO EM GEOLOGIA III

<b>Título da Monografia: Análise Estratigráfica da Porção Superior do Membro Mucuri, Formação Mariricu, Aptiano da Baía do Espírito Santo</b>
<b>Autor: Camila Eliza Althaus</b>
<b>Orientador(es): Prof. Dr. Claiton M.S. Scherer</b>
<b>Nota final (1 até 10): 9.7</b>
<b>Examinador: Dr. Anderson José Maraschin</b>
<b>Data: 18/12/2017</b>

		Sim	Não	Em parte
1	O título é informativo e reflete o conteúdo da monografia?	X		
2	O resumo do trabalho informa sobre os tópicos essenciais da monografia?	X		
3	As ilustrações são úteis e adequadas?	X		
4	O manuscrito apresenta estrutura organizada?	X		
5	A introdução apresenta os fundamentos para o restante do texto da monografia?	X		
6	Os materiais e métodos são descritos adequadamente?	X		
7	Os resultados são de qualidade e mostrados concisamente?	X		
8	As interpretações e conclusões são baseadas nos dados obtidos?	X		
9	As referências são convenientes e usadas adequadamente?	X		
10	O manuscrito possui boa redação (digitação, ortografia e gramática)?	X		

O estudo desenvolvido na Monografia permitiu uma melhor compreensão referente à estratigrafia e ao modelo deposicional do Pré-Sal, considerando-se que os depósitos do Membro Mucuri correspondem às fácies marginais dos reservatórios carbonáticos do Pré-Sal.

A metodologia, resultados e interpretações estão expressas de forma clara e objetiva e de acordo com os conceitos registrados na literatura especializada. Aliadas às figuras, permitem ao leitor o fácil entendimento do estudo.

Em termos de estrutura, a Monografia está organizada conforme o padrão estabelecido pelo PPGGEO e raros são os erros de digitação, pontuação ou ortografia.

Assim, parabenizo a aluna, bem com seu orientador e supervisor pela excelente qualidade técnica e científica do estudo, certo de apreciar, em breve, a leitura do artigo científico.

## GEO 03015 – PROJETO TEMÁTICO EM GEOLOGIA III

<b>Título da Monografia:</b>	
ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DA PORÇÃO SUPERIOR DO MEMBRO MUCURI, FORMAÇÃO MARIRICU, APTIANO DA BACIA DO ESPÍRITO SANTO.	
<b>Autor:</b> Camila Eliza Althaus	
<b>Orientador(es):</b> Prof. Dr. Claiton M. S. Scherer	
<b>Nota final (1 até 10):</b> 10	
<b>Examinador:</b> Rosalia Barili	<b>Data:</b> 18/12/2017

		Sim	Não	Em parte
1	O título é informativo e reflete o conteúdo da monografia?	x		
2	O resumo do trabalho informa sobre os tópicos essenciais da monografia?	x		
3	As ilustrações são úteis e adequadas?	x		
4	O manuscrito apresenta estrutura organizada?	x		
5	A introdução apresenta os fundamentos para o restante do texto da monografia?	x		
6	Os materiais e métodos são descritos adequadamente?			x
7	Os resultados são de qualidade e mostrados concisamente?	x		
8	As interpretações e conclusões são baseadas nos dados obtidos?	x		
9	As referências são convenientes e usadas adequadamente?	x		
10	O manuscrito possui boa redação (digitação, ortografia e gramática)?	x		

Página	Correções obrigatórias
	Inserir na metodologia como é feita a aquisição de dados na perfilagem de poço: você usa o perfil de gama, mas como isso é medido? Sei que não é você quem fez, mas deve saber a fundamentação do método.
	Inserir nos resultados/discussão o que foi gerado a partir do perfil de gama – você cita na metodologia, mas não fica claro no que isso te ajudou.
	Utiliza termos shoreface e offshore para um “lago”. Acredito que seja devido a ação de ondas neste lago. Mas esta é a nomenclatura adequada, tendo em vista que na interpretação ainda não é marinho? Talvez seja necessário inserir um parágrafo explicando porque escolheu utilizar esta nomenclatura.

### GEO 03015 – PROJETO TEMÁTICO EM GEOLOGIA III

<b>Título da Monografia:</b> Análise estratigráfica da proção superior do Membro Mucuri, Fm. Muriricu, Aptiano, da Bacia do Espírito Santo.
<b>Autor:</b> CAMILA ELIZA ALTHAUS
<b>Orientador(es):</b> Claiton Marlon dos Santos Scherer Adriano Domingos dos Reis
<b>Nota final (1 até 10):</b> 30
<b>Examinador:</b> Renata dos Santos Alvarenga
<b>Data:</b> 18/12/2017

		Sim	Não	Em parte
1	O título é informativo e reflete o conteúdo da monografia?			X
2	O resumo do trabalho informa sobre os tópicos essenciais da monografia?	X		
3	As ilustrações são úteis e adequadas?	X		
4	O manuscrito apresenta estrutura organizada?	X		
5	A introdução apresenta os fundamentos para o restante do texto da monografia?			X
6	Os materiais e métodos são descritos adequadamente?	X		
7	Os resultados são de qualidade e mostrados concisamente?	X		
8	As interpretações e conclusões são baseadas nos dados obtidos?	X		
9	As referências são convenientes e usadas adequadamente?	X		
10	O manuscrito possui boa redação (digitação, ortografia e gramática)?	X		

Página	Correções obrigatórias
Capa	Análise estratigráfica da proção superior do Membro Mucuri, Fm. Muriricu, Aptiano, Onshore da Bacia do Espírito Santo.
14	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Faltou a introdução! Colocar a introdução para fundamentar o trabalho</li> <li>• Colocar o Contexto Geológico como Item 2</li> </ul>
18 e 19	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Renumerar o Problema, Justificativa e Objetivos</li> <li>• Colocar a localização da área de Estudo</li> </ul>
26	Adicionar no quadro do total de espessura descrita para cada poço
26, 32, 39, 41,	Renomear os poços

43, 45, 53 e 65	
65	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mapa de seção</li> <li>• perfil columnar</li> </ul> } Colocar na figura

### JUSTIFICATIVA DE NÃO CORREÇÃO

A norma da ABNT para trabalhos de conclusão de curso define o tópico introdução como “um texto introdutório, onde são citados os assuntos, a justificativa e o objetivo”. Nele deve ser feita uma apresentação contextualizada do tema. Por isso optou-se em primeiro apresentar a geologia da Bacia do Espírito Santo, com foco no Membro Mucuri, para posteriormente apresentar os objetivos e justificativa do trabalho. Entende-se que a apresentação da geologia regional fornece elementos básicos para a posterior definição do problema a ser resolvido. No nosso entender, uma inversão nessa ordem geraria confusão, quebrando com o encadeamento lógico das ideias.




---

Claiton Scherer